



**GONÇALO DO  
CASAL MARTINS**

**GRAU DE DIFUSÃO DO BIODIESEL**



**GONÇALO DO  
CASAL MARTINS**

## **GRAU DE DIFUSÃO DO BIODIESEL**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Economia – Ramo de Economia da Empresa, realizada sob a orientação científica da Doutora Marta Ferreira Dias, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro e co orientação científica da Doutora Mara Teresa da Silva Madaleno, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

*“Commodities such as gold and silver have a world market that transcends national borders, politics, religions, and race. A person may not like someone else's religion, but he'll accept his gold.”*

Robert Kiyosaki

## **o júri**

presidente

**Prof. Doutora Maria Elisabeth Teixeira Pereira e Rocha**

professora auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutor Nuno Miguel dos Santos Carvalho Figueiredo**

Investigador do Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra

**Prof. Doutora Marta Alexandra da Costa Ferreira Dias**

professora auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Pela elaboração da Dissertação:

Às minhas orientadoras, Professora Marta Dias e Professora Mara Madaleno, pela disponibilidade, paciência e sugestões;

À Prio Supply, S.A. por me proporcionar um estágio curricular durante a elaboração desta Dissertação que foi extremamente gratificante e me trouxe novas perspectivas para a elaboração da mesma;

À minha família e à minha namorada, Célia Fernandes, por estarem comigo, efetivamente, em todas as circunstâncias;

À minha família, por todos os conselhos e reprimendas, por serem sempre o meu impulso no sentido da progressão;

À Célia, pelo otimismo e pela tolerância nos dias mais difíceis, por ser uma excelente ouvinte e pelos momentos.

Pelo percurso académico:

À Universidade de Aveiro, ao Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial e ao Curso de Economia, pelo orgulho que levo por ter pertencido a esta Instituição e Curso, e pelas pessoas que tive o gosto de conhecer e que levo para a vida, em especial ao Marco Oliveira, Hélder Resende, Hélder Madureira, Marco Jesus, Carlos Almeida e Tiago Santos; Aos meus pais, Conceição Casal e Francisco Martins, por todos os esforços que têm feito em prol do meu bem-estar.

Ao meu irmão, Guilherme Martins, por ser um irmão mais novo incrível e que eu tanto queria há uns anos atrás.

A todos vocês, a minha sincera gratidão.

## **palavras-chave**

Biodiesel, Óleos Vegetais, Brent, Custo de Frete Intercontinental, Índice de volatilidade S&P 500.

## **resumo**

O presente trabalho propõe-se a explorar a relação de causalidade existente entre a evolução do preço do biodiesel e diversos óleos vegetais, o brent, o diesel, o custo do frete entre os EUA e a Europa e o índice de volatilidade do S&P 500, para o período compreendido entre 2 de Janeiro de 2015 e 30 de Dezembro de 2016. O objetivo principal deste trabalho corresponde à tentativa de identificar variáveis capazes de explicar as variações de preço do biodiesel para suportar a tomada de decisão das empresas no seu processo de compras. Para o efeito, realizou-se a estimação de um modelo VEC, testes de causalidade de Granger, Decomposição da Variância e Funções Resposta Impulso que revelaram a relação de causalidade unidirecional entre o brent e dois tipos de biodiesel. Existe ainda um impacto negativo da colza noutros dois tipos de biodiesel estudados. Relativamente ao biodiesel 3 (produzido apenas com óleo de colza), o controlo para a tomada de decisão de comprar no melhor momento possível terá de envolver a análise dos óleos de soja, da semente de colza, do óleo de colza, do brent e, por fim, do diesel. Os compradores de biodiesel deverão estar atentos às alterações de preço do brent e dos óleos de soja. Adicionalmente deverão procurar informação quanto às últimas previsões relativamente à evolução futura dos preços dos mesmos e deste modo realizar a compra no melhor momento possível, com o intuito de minimização das perdas.

**keywords**

Biodiesel, Vegetable Oils, Brent, Intercontinental Freight Rate, S&P 500 Volatility Index.

**abstract**

The present essay proposes to explore the causal relationship between the biodiesel price evolution and several vegetable oils, brent, diesel, freight rate between the US and Europe and the S&P 500 volatility index, between January 2, 2015 and December 30, 2016. The main objective is to identify variables capable of explaining the biodiesel price variations to support the companies' decision making in their purchasing process. For this purpose, a VEC model, Granger Causality Tests, Variance Decomposition and Response Impulse Functions were developed that revealed the unidirectional causal relationship between the Brent and two biodiesel types. There's also a negative impact of rapeseed oil on the other two types of biodiesel studied. For biodiesel 3 (produced only with rapeseed oil), the decision-making control to buy at the best possible time will have to involve the analysis of soybean oils, rapeseed, rapeseed oil, brent and, finally, diesel. Biodiesel buyers should be aware of price changes on brent and soybean oils. In addition, they should seek information about the latest price evolution forecasts and, this way, choose the best moment to purchase with the purpose maximizing profits or minimizing losses.

## Índice

<b>Índice .....</b>	<b>I</b>
<b>Índice de Tabelas .....</b>	<b>III</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Revisão de Literatura .....</b>	<b>3</b>
2.1. Modelo de Hotelling .....	3
2.2. Modelo de Hubbert .....	4
2.3. Os Biocombustíveis .....	7
<b>3. Dados e Metodologia .....</b>	<b>11</b>
3.1. Dados .....	11
3.2. Descrição Metodologia Adotada .....	11
3.2.1. Seleção de Variáveis .....	11
3.2.1.1. Variáveis Explicadas .....	11
3.2.1.2. Variáveis Explicativas .....	11
3.2.2. Periodicidade dos Dados .....	13
3.2.3. Seleção do Modelo de Estimação .....	14
3.2.4. Teste às Raízes Unitárias .....	14
3.2.5. Teste à Cointegração .....	15
3.2.6. Modelo VEC .....	15
3.2.7. Teste à Causalidade de Granger .....	16
3.2.8. Decomposição da Variância .....	17
3.2.9. Funções Resposta Impulso .....	17
<b>4. Resultados .....</b>	<b>19</b>
4.1. Matriz de Correlações .....	19
4.2. Teste às Raízes Unitárias .....	22
4.3. Número de Desfasamentos .....	23
4.4. Cointegração das Séries .....	25
4.5. Modelo VEC .....	27
4.5.1. Biodiesel 1 .....	28
4.5.2. Biodiesel 2 .....	29
4.5.3. Biodiesel 3 .....	29
4.5.4. Biodiesel 4 .....	30



4.6. Direcção da Causalidade através do Teste de Granger .....	31
4.7. Decomposição da Variância .....	32
4.7.1. Biodiesel 1 .....	32
4.7.2. Biodiesel 2 .....	33
4.7.3. Biodiesel 3 .....	33
4.7.4. Biodiesel 4 .....	33
4.8. Funções Resposta Impulso.....	34
4.8.1. Biodiesel 1 .....	34
4.8.2. Biodiesel 2 .....	34
4.8.3. Biodiesel 3 .....	35
4.8.4. Biodiesel 4 .....	35
<b>5. Discussão de Resultados.....</b>	<b>37</b>
5.1. Biodiesel 1 .....	37
5.2. Biodiesel 2 .....	37
5.3. Biodiesel 3 .....	38
5.4. Biodiesel 4 .....	38
<b>6. Conclusão .....</b>	<b>41</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>43</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>49</b>
Anexo A – Estudos baseados na curva de Hubbert .....	49
Anexo B – Tabelas Estimação VEC.....	51
Anexo C – Tabelas do Teste à Causalidade de Granger .....	59
Anexo D – Tabelas da Decomposição da Variância .....	63
Anexo E – Gráficos das Funções Resposta Impulso .....	69

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Dados Reuters .....	11
Tabela 2 – Estatísticas Descritivas .....	13
Tabela 3 – Matriz de Correlações – Biodiesel 1 .....	19
Tabela 4 – Matriz de Correlações – Biodiesel 1 .....	19
Tabela 5 – Matriz de Correlações – Biodiesel 2 .....	20
Tabela 6 – Matriz de Correlações – Biodiesel 2 .....	20
Tabela 7 – Matriz de Correlações – Biodiesel 3 .....	21
Tabela 8 – Matriz de Correlações – Biodiesel 3 .....	21
Tabela 9 – Matriz de Correlações – Biodiesel 4 .....	22
Tabela 10 – Matriz de Correlações – Biodiesel 4 .....	22
Tabela 11 – Ordem de Integração das Variáveis .....	23
Tabela 12 – Resultados do Tete Dickey-Fuller Aumentado – Raízes Unitárias .....	23
Tabela 13 – Estrutura de Desfasamentos .....	24
Tabela 14 – Estrutura de Desfasamentos – Biodiesel 1 .....	24
Tabela 15 – Estrutura de Desfasamentos – Biodiesel 2 .....	24
Tabela 16 – Estrutura de Desfasamentos – Biodiesel 3 .....	24
Tabela 17 – Estrutura de Desfasamentos – Biodiesel 4 .....	25
Tabela 18 – Equações de Cointegração .....	25
Tabela 19 – Teste Cointegração de Johansen: Trace – Biodiesel 1 .....	25
Tabela 19.1 – Teste Cointegração de Johansen: Max Eigenvalue – Biodiesel 1 ....	26
Tabela 20 – Teste Cointegração de Johansen: Trace – Biodiesel 2 .....	26
Tabela 20.1 – Teste Cointegração de Johansen: Max Eigenvalue – Biodiesel 2 ....	26
Tabela 21 – Teste Cointegração de Johansen: Trace – Biodiesel 3 .....	26
Tabela 21.1 – Teste Cointegração de Johansen: Max Eigenvalue – Biodiesel 3 ....	27
Tabela 22 – Teste Cointegração de Johansen: Trace – Biodiesel 4 .....	27
Tabela 22.1 – Teste Cointegração de Johansen: Max Eigenvalue – Biodiesel 4 ....	27

## 1. Introdução

Na análise do potencial de difusão dos biocombustíveis é essencial olhar para um vasto leque de mercadorias que são usadas no processo de fabrico dos mesmos assim, como olhar ao pormenor para a concorrência que o sector enfrenta para se desenvolver. A revisão de literatura começa exatamente por este último ponto porque são fatores-chave a ter em conta: a incerteza, a volatilidade e a dificuldade para realizar previsões no setor dos combustíveis, especialmente no caso do crude. Para além dos acesos debates, gerou muitos incentivos, sinergias e diversificação de portfólios que foram aproveitados para o desenvolvimento de setor dos biocombustíveis e para o crescimento do mercado das mercadorias inerentes.

De forma muito sucinta, as mercadorias podem ser definidas como matérias-primas indiferenciáveis, passíveis de serem comercializadas. As mercadorias normalmente estão mais associadas às companhias do *upstream*, visto que são estas que realizam a identificação, avaliação e possível extração do produto. Embora a evolução do preço da mercadoria em causa, de forma intuitiva, seja repassada ao longo de toda a cadeia de valor com alguma diferença a nível temporal. Ao longo desta dissertação irão ser referidas várias mercadorias tais como o petróleo, o gasóleo, o óleo de colza, o óleo de soja, o óleo de palma, o etanol e o biodiesel. Todas estas mercadorias se encontram intimamente ligadas ao sector da energia e são consumidas com intensidade, um pouco por todo o mundo.

Ao sector da energia pode ser atribuído 3 utilizações mais comuns que são a energia elétrica e tecnologias elétricas, aquecimento e indústria, e os transportes. Julga-se que a energia proveniente do carvão, gás natural, energia solar e eólica seja capaz de fazer face à procura para o aquecimento e indústria, assim como à procura por energia elétrica e tecnologias elétricas. De ressaltar ainda que, embora não tenha sido mencionado anteriormente, a energia nuclear assume particular importância na energia elétrica. Ban Ki-Moon, secretário-geral das Nações Unidas, enfatizou a importância do setor energético no evento “Delivering Sustainable Energy for All: Opportunities at Rio+20” onde afirmou que “a energia é a ameaça de ouro que liga o crescimento económico, a equidade social e a sustentabilidade ambiental”.<sup>1</sup>

Acrescenta-se que deve ficar claro que o mundo não tem uma crise energética em mãos para resolver, o problema encontra-se de maneira muito mais específica no setor dos transportes, que são suportados em grande maioria pela utilização de crude. Dada a importância do crude torna-se fulcral encontrar alternativas viáveis a esta mercadoria, que é também uma fonte de energia não renovável, para a qual não existem bens substitutos. Sendo o crude uma fonte de energia não renovável muitas são as preocupações levantadas com a sua dependência histórica.

Posto isto, surge o termo de *Peak Oil* que se refere ao cálculo da oferta global de crude convencional. Em breve, esta deve inverter a sua curva devido às limitações geológicas do recurso. A taxa a que o crude vai diminuir irá também depender da evolução da entrada em mercado do *shale oil*. O *shale oil*, não será abordado mais aprofundadamente, mas fica a ressalva que o recurso tem imenso potencial nos EUA, França, Rússia, China e Polónia. Estima-se que a sua disponibilidade possa duplicar ou triplicar até nas próximas décadas. No entanto, ainda existem dúvidas quanto à grandeza das suas reservas e quanto à sua produtividade. Desde 1919 existem imensas

---

<sup>1</sup> <http://www.un.org/press/en/2012/sgsm14242.doc.htm>

previsões sobre uma iminente escassez de petróleo, que se revelaram, na sua maioria, incorretas.

O presente estudo contribui com uma análise que permite colmatar a inexistência de literatura que aborde os fatores diretores de preço dos biocombustíveis, tanto como foi possível averiguar. Para a análise proposta recorre-se a dados diários relativos ao desempenho do mercado de mercadorias. A periodicidade escolhida foi a diária ou quanto muito mensal. Uma vez que um estudo do desenvolvimento da atuação no mercado bolsista tenderá, neste caso, a ser mais preciso. O recurso a dados diários permite a incorporação de numerosas observações nos modelos com vista à obtenção de coeficientes eficientes e consistentes. Como último objetivo, e não menos importante, pretende-se aumentar o conhecimento e, por sua vez, também a compreensão do setor para a formulação de políticas macroeconómicas mais corretas e adequadas.

A presente dissertação possui como primeiro objetivo de investigação a análise dos fatores que mais influenciam o desenvolvimento do biodiesel (quer em termos de matérias-primas utilizadas, como em termos de produto acabado). Em segundo lugar pretende responder até que ponto estes fatores se tornam condicionantes do seu crescimento, para o horizonte temporal, compreendido entre 2 de janeiro de 2015 e 30 de Dezembro de 2016. Posteriormente, pretende-se apresentar os modelos elaborados e propor um instrumento de apoio à tomada de decisão para as empresas do setor. Deste modo a principal contribuição é estender os estudos realizados para outro combustíveis, como o biodiesel produzido através do óleo de palma a outros tipos de biodiesel. Este estudo pretende ser uma abordagem útil para o setor empresarial.

O documento encontra-se organizado do seguinte modo. A secção seguinte (Capítulo 2) apresentará, numa primeira instância, a literatura sobre a escassez de recursos naturais de forma genérica (modelo de Hotelling) e posteriormente a literatura que envolve a eminente escassez no setor petrolífero (modelo de Hubbert). Devido a estes ciclos de histeria acerca do *Peak Oil*, como classifica Mageuri (2012), o desenvolvimento de alternativas viáveis ao combustível fóssil foi alvo de fortes investimentos com vista a diminuir a dependência energética dos países. Como último ponto deste capítulo (capítulo 2) é realizado um ponto de situação do mercado dos biocombustíveis, com menção às dificuldades que atravessam e desvantagens que apresentam. O capítulo 3 expõe a metodologia adotada, apresentando as variáveis a incluir no modelo e descreve os testes econométricos a realizar. No capítulo que se segue (Capítulo 4), apresentam-se todos os resultados obtidos relativamente aos modelos estimados e aos testes realizados. O Capítulo 5 apresenta a discussão desses resultados e as principais implicações que estes têm. Finalmente, o capítulo 6 apresenta as principais conclusões obtidas neste estudo, evidenciando algumas das limitações encontradas e aponta para possíveis direções de investigação futura.

## 2. Revisão de Literatura

### 2.1. Modelo de Hotelling

O modelo de Hotelling, face ao seu âmbito multidisciplinar é um modelo bastante conhecido e largamente estudado. Consiste num modelo económico que tem um padrão de declínio ótimo intertemporal de um recurso exaustivo dentro de uma visão de mercado de concorrência perfeita. Existe apenas um conjunto restrito de ramos na economia cujos antecedentes convergem todos num único artigo científico. Um desses ramos é a economia dos recursos naturais, que recentemente tem assistido a um novo despertar do seu interesse.

O artigo de Harold Hotelling de 1931, “The Economics of Exhaustible Resources”, é amplamente reconhecido como a base deste ramo da economia. Muitas das questões e dos pressupostos que se podem colocar foram primariamente colocados por Hotelling. Podemos rever incontáveis artigos que têm como ponto de partida o modelo de Hotelling, e em que são aplicadas alterações ou extensões de alguns pressupostos para a obtenção de resultados mais objetivos ou respostas mais concretas.

O artigo de 1931 só teve impacto devido aos choques petrolíferos e às crises ambientais da década de 70. Esta onda de interesse na economia dos recursos naturais fica bem patente noutro trabalho, Robert Solow em 1974 com “The Economics of Resources or Resources of Economics”, começa exatamente por citar o trabalho desenvolvido por Hotelling. A ideia principal é um exercício de cálculo de variações que era uma ferramenta matemática inovadora para a época. Hotelling pretendia com o seu artigo avaliar os debates políticos decorrentes do movimento de conservação e desenvolver uma teoria dos recursos naturais porque, segundo as suas palavras, “a teoria económica de equilíbrio estático é claramente desadequada para uma indústria em que a manutenção de um nível de produção estável é uma impossibilidade física.” (Hotelling, 1931, p. 139). Os economistas contemporâneos, além de fornecerem a espinha dorsal teórica para as conjecturas de Hotelling, têm colocado uma variedade mais rica de perguntas, graças a grandes desenvolvimentos na área de tomada de decisão sob o clima de incerteza.

Posto isto, em que ponto de situação se coloca o teste empírico do modelo de Hotelling? É um tema que se reveste ainda de elevada importância. Contudo, é imperativo distinguir entre a volatilidade de curto prazo e as tendências de longo prazo. Por outras palavras, é fulcral identificar o sinal do ruído.

Há muitas razões pelas quais os preços das mercadorias minerais são voláteis, incluindo a procura e a oferta inelástica a preços elevados, bem como os fortes vínculos com a produção industrial e o desempenho geral da economia. Uma outra razão está relacionada com a natureza discreta e irregular de muitas decisões. Por exemplo, o modelo de Hotelling baseia-se no pressuposto da escolha contínua e sem custos. Na realidade, isso não se aplica pois existem custos substanciais associados à entrada e saída do mercado das empresas e aberturas e encerramentos temporários de minas. Esses custos, combinados com atrasos nos investimentos, provocam uma inércia considerável nas decisões de produção. As alterações técnicas são outro fator que pode ser discreto e irregular. Em particular, não só pode resultar em deseconomias de escala, mas também pode transformar *stocks* de recursos pouco rentáveis em reservas de elevado valor. Por exemplo, no que se refere ao setor petrolífero existe a manipulação dos percentis de extração face aos interesses das companhias. No entanto, na maioria dos estudos existentes, a mudança técnica é modelada como um processo suave ou

como uma sequência de pequenos eventos. Face às dificuldades da aplicação do modelo de Hotelling ao setor petrolífero, o modelo de Marion Hubbert foi proposto em 1956 (Hubbert, 1956) que viria a tornar-se na única previsão corretamente estimada.

## **2.2. Modelo de Hubbert**

A indústria petrolífera nos EUA, ao longo da década de 50, estava inequivocamente em franca expansão e as empresas do setor estavam a aumentar os seus níveis de produção para recordes históricos. O petróleo extraído nos EUA rondava aproximadamente os 7 milhões de barris por dia. Não se conheciam limites a essa produção. É neste contexto que Marion King Hubbert (1956) apresentou o seu artigo. Hubbert afirmou, de forma ousada, que a produção petrolífera nos EUA atingiria o pico durante o ano de 1970, e depois começaria a diminuir.

O fundamento para a argumentação de Hubbert era puramente estatístico e definia que a produção de petróleo seguiria uma distribuição normal. Ele observou que a quantidade de petróleo disponível para extração numa determinada região deve ser necessariamente finita e, portanto, sujeito a esgotamento num determinado momento. Sempre que um novo campo de petróleo é descoberto, o rendimento de petróleo a partir desse local tende a aumentar rapidamente por um período de anos, a infraestrutura de perfuração é posta em prática e as atividades de extração são aumentadas. Assim que metade das reservas do campo petrolífero são bombeadas, a fonte de petróleo atinge a sua taxa máxima de produção. De seguida, diminuem conjuntamente com a taxa de produção decrescente que em última análise se aproxima da taxa de aumento da produção vista nos primeiros anos de exploração do campo de petróleo. Portanto, relacionar diferentes imagens às variáveis das equações de Hubbert pode produzir uma série de estimativas de datas do *Peak Oil*. No entanto, o resultado final é o mesmo: a produção de petróleo cresce e, de seguida, diminui rapidamente.

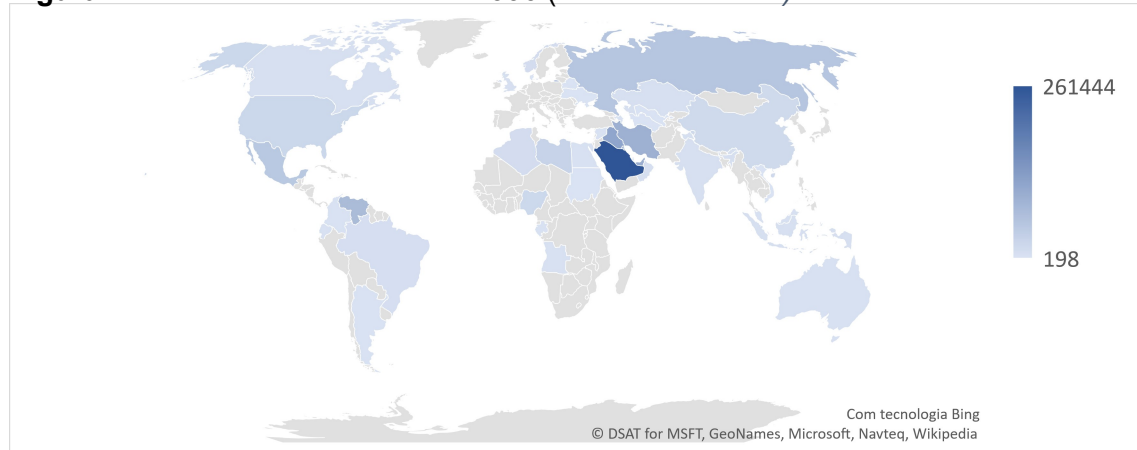
As estatísticas podem levar alguns anos antes de se tornarem claras. A produção de petróleo dos EUA tinha, de facto, atingido o pico em 1970 - exatamente o ano em que Hubbert havia previsto.

Poucos anos depois de Hubbert ter feito a sua previsão sobre o pico global do petróleo, surgiram acontecimentos políticos que afetaram as suas estimativas. Em particular, o embargo do petróleo de 1973 imposto pela Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) que resultou numa "crise energética" que mudou toda a dinâmica exposta. Ao reduzir o consumo de petróleo e incentivar a uma maior eficiência energética, o embargo e as suas consequências provavelmente atrasaram o pico mundial. Mas um pico global na produção de petróleo ainda parece inevitável, assumindo que a teoria de Hubbert está correta. Cada campo de petróleo tem a sua única e própria curva de Hubbert. Uma vez alcançado, o declínio na sua exploração é inevitável.

Muitos dos que descartam as previsões de pico do petróleo, especialmente os economistas, argumentam que tecnologias melhoradas e preços mais altos do petróleo irão resolver os problemas de abastecimento de petróleo que possam surgir. Mas muitos geólogos do setor tendem a ver a situação de forma diferente.

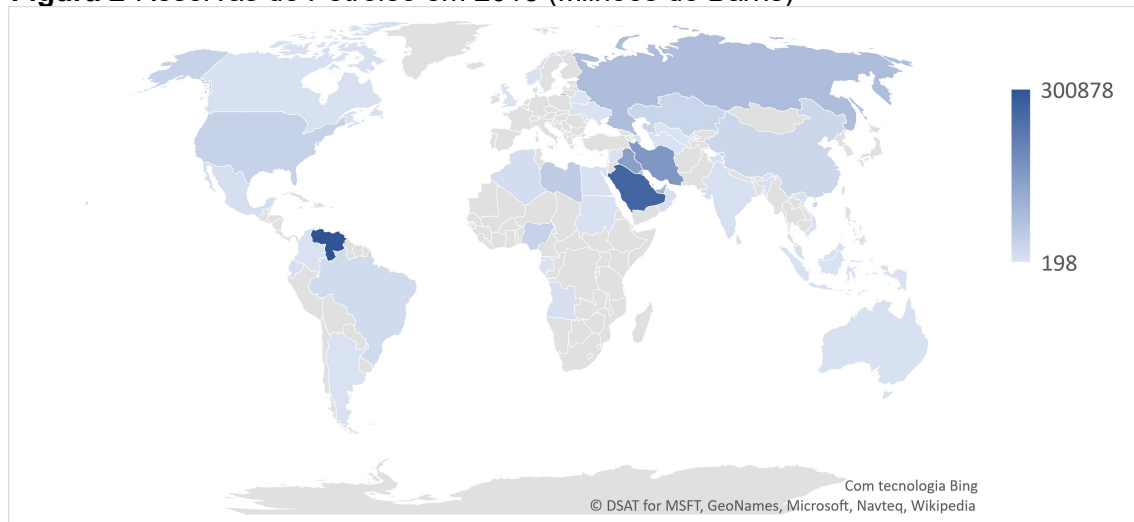
Um tema que é uma espécie de dilema no setor petrolífero são as estimativas de reserva e a fiabilidade destas estimações. São pressupostos sobre a quantidade de petróleo disponível para ser bombeado que se encontram baseados em grande parte nas estimativas de reservas anunciadas pelos produtores de petróleo. Mas muitos observadores suspeitam que as estimativas dos produtores estejam inflacionadas. Estes analistas verificam que, entre 1980 e 1990, as reservas efetivas de muitas das maiores nações produtoras de petróleo mostraram, de repente e misteriosamente, um aumento dramático como é possível verificar nas Figuras 1 e 2. A explicação pode ter muito a ver com a política da OPEP.

**Figura 1-Reservas de Petróleo em 1996 (Milhões de Barris)**



*Nota: Figura elaborada com base nos dados da BP Statistical Review 2016 <sup>2</sup>*

**Figura 2-Reservas de Petróleo em 2015 (Milhões de Barris)**



*Nota: Figura elaborada com base nos dados da BP Statistical Review 2016 <sup>3</sup>*

A teoria de Hubert funcionou tão bem nos EUA que se formou uma associação, constituída por investigadores interessados nesta área, chamada ASPO (Association for

<sup>2</sup> <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf>

<sup>3</sup> <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf>

the Study of Peak Oil). Esta mesma associação afirmou que os campos do Reino Unido/Mar do Norte atingiram um máximo de extração entre 1985-1990. Um dos membros da ASPO sugeriu também que a produção da Arábia Saudita está num máximo e que devido à fraca geologia das reservas deve decrescer rapidamente. Como fica patente, Hubbert é sem dúvida uma referência incontornável e no Anexo A segue uma lista de investigadores com efetuaram previsões com base no artigo de Hubbert.

Entre os defensores analisados de um pico tardio estão a Cambridge Energy Research Associates (2006), a International Energy Agency (2008), a British Petroleum (2012), a Shell (2008), a Energy Information Administration (2010), o Energy Watch Group (EWG), Ged Davis (2003), anteriormente da Shell e Leonardo Maugeri (2012), diretor de estratégia e desenvolvimento da Ente Nazionale Idrocarburi (ENI). Dentro deste grupo existem grandes variações com algumas das datas próximas às sugeridas pelos primeiros defensores do *peak oil*. A CERA (2008) acreditava que não havia evidências para um aumento súbito nas taxas de diminuição nos campos petrolíferos antes de 2017. Na sequência de um trabalho mais otimista do diretor da CERA (2006) e da mesma forma, Tony Hayward, da BP, não acreditavam que haveria o Peak Oil por causa da oferta, embora sugerissem que poderia haver um pico do petróleo causado pela procura (Macalister, 2010). A IEA (2010) não era explícita no *Peak Oil*, mas considerou a necessidade urgente de olhar para políticas energéticas alternativas para o futuro. Shell (2011) viu a oferta a lutar para acompanhar a procura até o final da década, desenvolvendo ainda mais as observações feitas pelo gerente sénior da Shell, Ged Davis (2003). A Shell (2013) não previu nenhum pico, mas assumiu que a procura de petróleo atingiria um enorme patamar na década de 2040. A EIA (2010) foi mais específica do que outras, propondo que não haveria pico antes de 2035, com aumentos de produção até essa data. Embora a BP não visse nenhuma evidência para afirmar que seria uma data de pico, a empresa apontou que as reservas de petróleo em 2011 foram suficientes para mais 54,2 anos de produção global (BP, 2012).

Uma visão mais pessimista é defendida por uma série de proponentes, muitos famosos pela sua firme defesa das previsões do Peak Oil. Embora haja alguma corroboração entre as datas, não há um consenso claro. Deffeyes (2010) escreveu extensivamente sobre o tema e usou cálculos para mostrar que o pico de 2005 na produção mundial de petróleo nunca seria superado. Mais recentemente foi apoiado pela revisão de Hallock (2013) do seu modelo de 2002. Bakhtiari (2004) propôs o pico de produção global de petróleo entre 2006 e 2007, que foi reforçado pelo especialista de investimentos em energia Simmons (2006). O Conselho Mundial de Energia (WEC, 2007), que sugeriu que estávamos na Segunda Metade da Era do Petróleo, caracterizada pelo declínio da oferta, também apoiou o mesmo argumento. Skrebowski (2004) observou uma diminuição em novas descobertas grandes do petróleo que colocaria a data do pico em 2007-2008. Com a pesquisa atualizada ele alterou a previsão para depois de 2010 (Skrebowski, 2005). Goodstein (2004) perspetivou uma situação semelhante à das crises petrolíferas de 1973 levando-o a propor 2010 como data de pico. Estes pesquisadores concordam maioritariamente com um dos principais defensores do pico, o Dr. Colin Campbell da ASPO que considerando a reapreciação das reservas para apoiar 2010 como data de pico no seu livro *Oil Crisis* (2005). Christophe De Margerie, CEO da petrolífera Total, sugeriu que a oferta de petróleo não poderia facilmente fazer face à procura após 2010 (Walt, 2010). Seguindo a mesma linha de pensamento de Aleklett et al. (2010) e De Almeida e Silva (2009) concluíram que os participantes no mercado (incluindo as empresas petrolíferas) esperavam um pico de 2008 a 2012, com base num estudo de futuros sobre o petróleo.



Em Maugeri (2012) é possível encontrar vários argumentos contra a teoria de Hubbert. Em primeira análise é referido que desde 1919 já houve muitas previsões de uma escassez iminente de petróleo que acabou por se revelar errada. Este refere que os ciclos de histeria são seguidos por períodos de bonança e que continuam até ao presente. A sua implicação é que as previsões atuais de restrição de oferta de petróleo a curto prazo, é baseada em cálculos de *peak oil* que se mostraram recorrentemente errados.

De realçar algumas das críticas que Maugeri (2012) apontou ao modelo de Hubbert sobre o *peak oil*. A primeira crítica é que o modelo de Hubbert assume que a estrutura geológica do nosso planeta com sendo bem conhecida e completamente explorada, de modo que a descoberta de campos desconhecidos é altamente improvável. Esta afirmação é bastante incorreta, pois a descoberta de novos campos desconhecidos é praticamente certa. A questão-chave é a que taxa é que a mesma acontece. A segunda crítica ao modelo de Hubbert é que este deixa de fora a realidade do avanço tecnológico e das funções preço-custo. Ele sustenta que, como resultado, os dados usados no modelo para o tamanho da base de recursos recuperáveis do mundo do petróleo convencional têm sido consistentemente revistos em alta.

### **2.3. Os Biocombustíveis**

Os recentes aumentos na produção de biocombustíveis que foram projetados para reduzir a dependência do crude, diversificar a oferta de energia, apoiar as economias rurais e reduzir as emissões de gases de efeito estufa, geraram preocupações sociais e políticas no que diz respeito aos vínculos entre os níveis de energia e os preços dos alimentos. Hassouneh et al. (2012) avalia as relações de preços e os padrões de transmissão de preços entre os preços do biodiesel, do girassol e do petróleo em Espanha. Para tal efetuou um modelo VEC paramétrico e um modelo MPLM alternativo onde ambos são aplicados e estimados e posteriormente comparados. Os preços mundiais semanais do crude e os preços espanhóis do biodiesel e do óleo de girassol observados de novembro de 2006 a outubro de 2010 são utilizados na análise empírica. Os autores argumentam que existe uma relação de cointegração que sugere uma correlação positiva entre os preços do biodiesel e do girassol e do crude. Os resultados empíricos também mostram que os preços do girassol e do crude impulsionam os preços do biodiesel tanto a curto como a longo prazo. Conforme observado por Zilberman et al. (2012), apesar do facto de que não há fortes evidências empíricas de que as mudanças nos preços dos biocombustíveis afetem os preços dos alimentos, isso não implica que o desvio adicional de recursos dos alimentos para a produção de biocombustíveis eventualmente afetaria os preços dos alimentos.

Em Busse et al. (2012) avalia-se as interdependências de preços entre o biodiesel alemão e os mercados agrícolas e energéticos relacionados. As ligações deste mercado de energia renovável para o mercado de energia fóssil, por um lado, e para os mercados agrícolas de produtos brutos, por outro lado, são analisados usando preços semanais de diesel, biodiesel, óleo de colza e óleo de soja entre 2002 e 2008, a fase de desenvolvimento do núcleo da indústria alemã de biodiesel. Os autores utilizaram um modelo de correção de erro de vetor (VECM – *vector error correction model*) com a mudança de Markov (*Markov switching*). Busse et al. (2012) concluem que os principais motores do mercado alemão de biodiesel foram as expectativas dos agentes económicos em relação ao apoio político e os preços relativos das potenciais matérias primas. As mudanças frequentes nos regimes da dinâmica dos preços, em particular em 2006, ilustraram a instabilidade do mercado devido às incertezas dos agentes económicos em relação aos desenvolvimentos futuros.

A literatura de séries temporais relacionadas com biocombustíveis dedicou muita atenção à análise dos níveis de preços e concluiu principalmente que os preços da energia impulsionam os níveis de preços agrícolas a longo prazo. As políticas que

promovem a produção de biocombustíveis e elevam os preços das mercadorias agrícolas, embora isso possa estimular o crescimento económico rural, pode ser especialmente prejudicial para os consumidores que gastam uma percentagem elevada do seu rendimento nos alimentos. Um aumento nos preços das matérias-primas também é suscetível de prejudicar a competitividade de biocombustíveis no mercado de combustíveis líquidos, aumentando a necessidade de subsidiar e obrigar à implementação de outras políticas protecionistas conforme é concluído por Serra et al. (2013).

Uma perspetiva diferente trouxe Kristoufek et al. (2012) analisando as relações entre biodiesel, etanol e combustíveis relacionados e mercadorias agrícolas com uso de árvores de abrangência mínima e árvores hierárquicas. Para distinguir entre efeitos de curto e médio prazo, construíram as árvores para diferentes frequências (semanalmente e mensalmente). Para todo o período analisado, descobriram que, a curto prazo, ambos os biocombustíveis estão muito ligeiramente ligados às outras mercadorias. No período anterior à crise de 2007/08, os biocombustíveis são apenas ligeiramente conectados a toda a rede, mesmo para a frequência mensal. No entanto, descobriram que a soja, o trigo e o milho são apenas levemente correlacionados com o resto da rede. Isto implica que quando os preços dos alimentos são baixos, estes estão ligeiramente ligados a combustíveis e biocombustíveis. A situação muda consideravelmente para o período de crise e pós-crise, ou seja, o período com preços mais elevados dos alimentos. O biodiesel está muito correlacionado com o resto do sistema no curto prazo, mas torna-se forte e firmemente conectado a outras mercadorias de combustíveis a médio prazo. O principal objetivo do artigo foi o de aumentar o debate político sobre os biocombustíveis e concluíram que existem correlações positivas entre os preços dos biocombustíveis e os alimentos, mas sugeriram que a distinção deve ser feita entre diferentes biocombustíveis.

No artigo de Frascaroli et al. (2016), os autores começam por indicar que após 2011 a taxa de câmbio no Brasil aumentou para um novo nível médio para equilibrar as novas condições internacionais de preços reduzidos de mercadorias em todo o mundo. No entanto, conclui-se que o sucedido não protege os mercados brasileiros de biodiesel da volatilidade dos preços das mercadorias de soja. Esta temática deve ser cuidadosamente analisada porque é importante para estabilizar a produção de soja e desbloquear novos investimentos no modelo do complexo de soja para a produção de biodiesel. Por outro lado, o desenvolvimento de estratégias efetivas para o biodiesel no Brasil exige minimizar o impacto ambiental do cultivo de soja.

A indústria de óleo de palma na Malásia é um empregador importante no país conforme é possível analisar em Muller (2017), uma vez que os preços são parcialmente explicados pela evolução do setor do crude e biocombustíveis. Além disso, os aumentos de preços do biodiesel não só implicam efeitos negativos no ambiente, mas também alteram o preço do óleo de palma. Nos últimos anos, os preços do crude tiveram uma diminuição tremenda e persistente que implicou problemas graves na economia da Malásia e possivelmente atenuou o crescimento do mercado de biocombustíveis no país. O caso da Malásia foi estudado também por Hafizil et al. (2017) que reforçou que por razões económicas, especialmente na indústria do óleo de palma, o biodiesel produzido a partir deste óleo criará e impulsionará o crescimento do mercado de óleo de palma no país e no estrangeiro. O óleo de palma tem contribuído muito com a produção de energia para fazer face à procura nacional no âmbito do Programa e Política Nacional de Biocombustíveis. O óleo de palma tem como grande vantagem o nível médio de rentabilidade por metro quadrado de terra quando comparado com outras possíveis matérias-primas.

Em Hajjari et al. (2017), os autores analisaram o Irão e a possibilidade de estabelecer no país um sistema de recolha de óleos usados com recursos governamentais. De acordo com os resultados deste estudo, entre todas as matérias-primas utilizadas para a produção de biodiesel, os óleos usados são as matérias-primas mais viáveis que poderiam ser introduzidas na indústria de produção de biodiesel no Irão dentro do prazo

mais curto possível. Estimou-se que seria possível recolher cerca de trezentas mil toneladas de óleos usados que convertidas em biodiesel originariam 270 milhões de litros que correspondem a sessenta por cento da procura iraniana.

De forma natural existe maior discussão sobre a substituição do diesel pelo biodiesel em países onde o mesmo representa grande parte do seu consumo. Do mesmo modo em países onde o consumo de gasolina é mais representativo a discussão prende-se com a substituição da gasolina pelo etanol.

Nesse sentido, Ghoddusi (2017) oferece uma visão alternativa do futuro da indústria de biocombustíveis nos EUA, simulando um mercado no qual o etanol e a gasolina coexistem e competem entre si. A competitividade dos biocombustíveis dependerá em grande parte dos preços dos combustíveis fósseis, mas também dos preços das matérias-primas e a eficiência dos biocombustíveis.

Em Hao (2018), avalia-se a situação atual e o potencial futuro do desenvolvimento de biocombustíveis na China. Verificou-se que, embora o atual momento de comercialização de biocombustíveis esteja limitado por múltiplas tecnologias e barreiras de mercado, o potencial futuro é sólido.

Com base nas discussões de barreiras e oportunidades de mercado, recomenda-se no artigo que o desenvolvimento de biocombustíveis na China deve ser promovido através do estabelecimento de regulamentos obrigatórios sobre o uso de biocombustíveis, otimização do quadro de incentivos financeiros e melhoria da tecnologia de produção de biocombustíveis.

Debnath et al. (2017) e Oladosu (2017) no caso dos EUA e Khatiwada et al. (2017) no caso da Indonésia confirmaram também todo o potencial do etanol independentemente da matéria-prima envolvida. De forma mais complexa, Beghin et al. (2016) vai mais longe e avalia o impacto de um potencial acordo de livre comércio EUA-UE sobre as respetivas bioeconomias na UE e nos EUA, decompõe o impacto de várias componentes da política no acordo (tarifas, contingentes e possíveis exceções para produtos sensíveis).

Os resultados permitem aferir que o etanol dos Estados Unidos aumentaria e as exportações para a UE seguiriam, induzindo uma contração da indústria de etanol da UE. Ocorrem efeitos mais moderados nos mercados de biodiesel e comércio adjacente face aos resultados de etanol. A produção de óleos vegetais da UE teria preços mais acessíveis logo as importações da UE aumentariam e a produção aumentaria em ambos os países por causa de maiores margens produtivas. O biodiesel na UE aumentaria ligeiramente devido ao óleo vegetal mais barato. O comércio é desviado de outros países para o acordo entre a UE e a EUA.

Numa vertente mais ligeiramente diferente aparece Gaurav et al. (2017) que afirma que apesar dos benefícios que caracterizam o uso de biocombustíveis, é necessário ter presente que a produção e o uso de biocombustíveis têm um forte impacto no meio ambiente, como a destruição da floresta, o aumento da degradação do solo, a redução da produção de alimentos, a elevada quantidade de água utilizada pelos biocombustíveis que está em perfeita sintonia com Živković (2017).

Há uma maior perda de habitat natural devido à pressão sobre os recursos naturais e ao aumento da população. A escassez de água já é um fator limitativo na produção de alimentos em várias regiões. A colheita de matérias-primas dos biocombustíveis, como a cana-de-açúcar, requer mais água e é produzida sob monocultura, o que leva à poluição da água e ao aumento da escassez de água.

Há muita pressão sobre os recursos hídricos devido à necessidade de água para a produção de biocombustíveis. Em países em desenvolvimento como a Índia, a implementação de opções de combustível alternativo é uma grande preocupação para fazer face à futura procura de crude.

Perante as desvantagens dos biocombustíveis tendo como matérias-primas os óleos vegetais torna-se interessante analisar o artigo de Gambelli et al. (2017) com a análise do potencial das microalgas para a produção de biocombustíveis em Itália.

A análise de cenários considera caminhos alternativos para a adoção de biocombustíveis a partir de microalgas até 2030. O melhor cenário mostra uma probabilidade de 75% de que os biocombustíveis a partir de microalgas irão ultrapassar os 20% do mercado de biocombustíveis até 2030. Tudo isto está condicionado pela melhoria e desenvolvimento das mudanças tecnológicas, políticas ambientais, mercados de bioenergia e novos alimentos derivados de microalgas.

### 3. Dados e Metodologia

Nesta secção descrevemos os dados utilizados para efetuar a análise da relação existente entre os tipos de combustíveis e as variáveis macroeconómicas que utilizámos para perceber a evolução dos cenários futuros, utilizando a metodologia de vetor autorregressivo (VAR), cujo modelo também se descreve nesta secção.

#### 3.1- Dados

As variáveis foram selecionadas através da experiência adquirida no setor (ver Tabela 1) e as cotações obtidas através da plataforma Reuters (via empresa). As cotações são os preços diários de referência para o mercado (vulgarmente, mas de forma enganosa, são chamados preços de fecho) que se guia pelo preço às dezasseis horas e trinta minutos, no fuso horário londrino. Exceção feita para a taxa de câmbio do Banco Central Europeu determinada às treze horas.

**Tabela 1 - Dados Reuters**

Tipo mercadoria	Referência da variável	Tipo de mercado/produto
Biodiesel 1	BIO-FAMDE-EU	Spot
Biodiesel 2	BIODSORTFO=ARG	Spot
Biodiesel 3	BIODRARTFO=ARG	Spot
Biodiesel 4	BIODPORTFO=ARG	Spot
Semente de Soja	Sc1	Futuro
Óleo de Soja EUA	BOc1	Futuro
Óleo de Soja Europa	SOIL-NLDGUM-P1	Spot
Semente de Colza	COMc1	Futuro
Óleo de Colza	RPEO-NLEURO-P1	Spot
Óleo de Palma	PALM-OLEIN-P1	Spot
Brent	LCOc1	Futuro
Diesel	LGOc1	Futuro
Custo de Frete EUA-ARA	TC-HOU-RDM	Spot
Índice Volatilidade S&P500	.VIX	Equity
Taxa de câmbio Euro/Dólar	EURUSDREF=	Spot

Fonte: Elaboração Própria

#### 3.2- Descrição da Metodologia Adotada

##### 3.2.1 Seleção das variáveis

###### 3.2.1.1 Variáveis Explicadas

Tendo em vista a explicação das variações de preço do biodiesel tornou-se essencial separar o biodiesel, consoante a base de fabrico. Posto isto, as variáveis explicadas e selecionadas para o presente estudo são: biodiesel 1 (obtido a partir da mistura de óleos), biodiesel 2 (utiliza apenas o óleo de soja como matéria-prima), biodiesel 3 (produzido apenas com óleo de colza) e biodiesel 4 (obtido através da utilização de óleo de palma como única matéria-prima).

###### 3.2.1.2 Variáveis Explicativas

As variáveis selecionadas para o presente estudo foram escolhidas tendo por base a sensibilidade e conhecimento do mercado adquirido pela experiência no setor. A impossibilidade de estabelecer um confronto direto com outros autores torna-se desde logo um desafio visto que não existem artigos para efetuar a comparação. Por outro lado, o grande objetivo desta dissertação é exatamente colmatar a grande lacuna

existente na literatura. As variáveis selecionadas para caracterizar o desenvolvimento do mercado dos biocombustíveis foram:

- a) Semente de Soja, é uma das *commodities* mais antigas a serem transacionadas e encontra-se na origem de muitas variações noutros produtos;
- b) Óleo de Soja nos EUA, o óleo de soja nos EUA não se encontra perfeitamente correlacionado com a sua matéria-prima (semente de soja); no ano de 2016 o óleo de soja subiu o dobro do preço da sua matéria-prima e por isso se encontra no modelo de forma separada;
- c) Óleo de Soja na Europa, o óleo de soja na Europa devido a condições climáticas diferentes entre a Europa e os EUA assim como períodos diferentes na plantação da semente foi também incluído no modelo;
- d) Semente de Colza, é um produto que encontra grande expressividade no Canadá e os dados semanais de *stocks* verificados faz com que tenham especial importância;
- e) Óleo de Colza, proveniente da semente de colza embora, à semelhança do óleo de soja, o seu preço subiu duas vezes mais que a semente de colza por este encontrar por diversas ocasiões suporte de preços no Brent;
- f) Óleo de Palma, é um produto proveniente na sua grande maioria da Malásia e da Indonésia e recentemente a União Europeia declarou a intenção de reduzir a quantidade de biodiesel proveniente deste produto;
- g) Brent, é uma *mercadoria* que influencia ou coloca uma pressão considerável sobre a evolução de preços das restantes *mercadorias*;
- h) Diesel, o diesel encontra-se correlacionado com o Brent por ser um produto derivado, mas numa base diária o mesmo encontra-se muito dependente dos *stocks* semanais publicados pela EIA às quartas-feiras, e nesses momentos existem momentos de considerável correlação.

Para caracterizar uma possível arbitragem recorreu-se ao custo do frete para espelhar possíveis evoluções de preço desta natureza:

- i) Custo do Frete entre os EUA (Costa Atlântica) e ARA (Amesterdão-Roterdão-Antuérpia). Este fluxo é um dos mais importantes a nível global em várias mercadorias e admitindo que existem diferenças de preços entre os dois continentes em muitos casos o custo do frete é o fator decisivo para a viabilidade económica da exportação ou importação dos produtos (UNCTAD, 2010). Recentemente o lado Atlântico da América foi fustigado por uma série de tornados e como consequência 25% das refinarias norte-americanas foram encerradas e o que se verificou foi um aumento exponencial do custo do frete. Admitindo uma procura constante por combustível e sem capacidade de refinação o fluxo de navios a partir da Europa, principalmente da zona de ARA, para a América quadruplicou. Posto isto o frete desta rota é o mais indicado por envolver o centro de refinação dos dois continentes.

Foi ainda considerada uma variável, a incluir também no modelo para absorver possíveis aberturas e fechos de posição face à incerteza de mercado mais intuitivos:

- j) Índice de Volatilidade S&P500; este índice encontra-se analisado de forma muito extensa e com muitas ligações a várias áreas da economia como a indústria petrolífera (Kyrtou et al, 2016) e a área financeira ao nível comportamental (Berk et al, 2015; Wu et al, 2017).

Foram recolhidos dados relativos às taxas de câmbio do Banco Central Europeu para este estudo, uma vez que se sentiu a necessidade de converter todos os valores monetários para a mesma unidade de referência (o Dólar), por forma a ser possível efetuar comparações entre as várias mercadorias. Em termos monetários, devido à grande maioria das transações no mercado serem realizadas em dólares americanos, optou-se por seguir a mesma base. Também os dados quantitativos recolhidos foram transformados em toneladas com vista a uniformizar as grandezas da base de dados e deste modo permitir uma leitura mais simples e intuitiva. É importante ainda salientar que a todas as variáveis utilizadas no presente estudo foram aplicados logaritmos de modo a que estas traduzissem taxas de crescimento, o que também acaba por transformar as variáveis em séries estacionárias para fazer a análise.

### 3.2.2- Periodicidade dos Dados

Optou-se por recolher e analisar os dados com uma frequência mais elevada, uma vez que a atividade do mercado ocorre em base diária. O recurso a esta frequência de dados e este horizonte temporal permitirá estudar a relação existente entre as variáveis no curto/médio prazo.

O horizonte temporal selecionado para o estudo do mercado do biodiesel assenta na falta de maturidade do mercado e a algumas mudanças estruturais aplicadas no setor. Face ao referido anteriormente e à disponibilidade dos dados necessários para a estimação do modelo, a base de dados final resultou num horizonte temporal compreendido entre 2 de janeiro de 2015 e 30 de Dezembro de 2016, com 504 observações diárias (tal como se pode observar pela Tabela 1, onde são apresentadas algumas estatísticas descritivas dos dados).

**Tabela 2 - Estatísticas Descritivas**

Variável	Sinal Esperado	Obs.	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
lbio1 - logaritmo biodiesel 1	-----	504	6,781	0,051	6,701	6,930
lbio2 - logaritmo biodiesel 2	-----	504	6,740	0,072	6,599	6,948
lbio3 - logaritmo biodiesel 3	-----	504	6,783	0,065	6,671	7,026
lbio4 - logaritmo biodiesel 4	-----	504	6,692	0,104	6,452	6,919
lsemso - logaritmo semente de soja	+	504	5,870	0,075	5,745	6,071
IsojaUE - logaritmo óleo de soja na Europa	+	504	6,664	0,063	6,558	6,855
IsojaEUA - logaritmo óleo de soja nos EUA	+	504	6,544	0,075	6,353	6,724
lsemco - logaritmo semente de colza	+	504	6,796	0,109	6,536	7,014
lcolza - logaritmo óleo de colza	+	504	6,978	0,069	6,823	7,116
lpalma - logaritmo óleo de palma	+	504	6,455	0,102	6,174	6,640
lbrent - logaritmo brent	+	504	5,885	0,179	5,329	6,218
ldiesel - logaritmo diesel	+	504	6,094	0,190	5,510	6,431
leuaara - logaritmo frete entre os eua e ara	-	504	2,861	0,329	2,198	3,535
lvix -logaritmo volatilidade do s&p500	+	504	2,760	0,227	2,422	3,707

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 1 destaca-se por ter a média inferior do índice de volatilidade do S&P500 (2,760) e no extremo oposto o óleo de colza com a maior média verificada (6,978). Relativamente ao desvio padrão, é de salientar o custo do frete entre os EUA e ARA por ter um valor consideravelmente superior aos demais (0,329), enquanto o biodiesel 1 obteve o desvio padrão mais reduzido (0,051). Se medirmos a volatilidade pela medida tradicional de cálculo do desvio padrão verificamos que o custo do frete é, de entre as variáveis incluídas no modelo o que apresenta maior volatilidade e o biodiesel 1 a que

apresenta menor volatilidade. O valor mínimo pertence ao custo do frete (2,198) e o valor máximo foi registado pelo óleo de colza (7,116).

### 3.2.3- Seleção do Modelo de Estimação

Neste trabalho optou-se pelo recurso a um modelo de vetor autorregressivo (VAR). Dada a interligação do biodiesel espera-se que todas as variáveis interajam entre si, causando um efeito de ajustamento endógeno, sendo que este modelo trata todas as variáveis como potencialmente endógenas. Para além disso, como o objetivo é estudar a relação de causalidade existente entre as variáveis, este é o modelo adequado para tal, pois também permite estudar as características das funções de resposta impulso e a decomposição da variância. Deste modo, é possível perceber como é que as diversas variáveis reagem quando se verifica um choque numa outra variável.

A utilização de modelos VAR é muito vasta em estudos sobre a indústria petrolífera (Espinasa et al, 2017; Alsalman, 2016; Zhou, 2016; Frascaroli et al., 2016), sobre a indústria dos óleos vegetais (Brummer, 2015) mas também sobre a indústria dos biocombustíveis (Muller, 2017).

Os modelos a estimar pela metodologia VAR serão os seguintes:

$$lbiomix = f\{clsoja, clcolza, clbrent, lvix, lsemso\} \quad (1)$$

$$lbiosoja = f\{clsoja, clcolza, clbrent, lvix, leuaara\} \quad (2)$$

$$lbiocolza = f\{clcolza, clbrent, clsoja, lvix, leuaara\} \quad (3)$$

$$lbiopalma = f\{lpalma, clsoja, clcolza, clbrent, lvix\} \quad (4)$$

Para uma correta estimação do modelo e, por forma a obter resultados consistentes, serão realizadas as seguintes etapas na metodologia, recomendadas pelas técnicas econométricas:

Etapa 1 – Teste às Raízes Unitárias

Etapa 2 – Teste à Cointegração

Etapa 3 – Modelo VAR/VEC

- Teste à causalidade de Granger
- Decomposição da Variância
- Função de Resposta Impulso

### 3.2.4 - Teste às Raízes Unitárias

Habitualmente as séries financeiras costumam apresentar uma tendência, quer seja determinista quer seja aleatória. Devido à sua natureza dinâmica, as séries podem ser não estacionárias. Se as mesmas não forem estacionárias terá de se recorrer às suas diferenças. Caso contrário, os valores correntes não dependem de valores passados e logo este problema não se coloca. Como são séries temporais é preciso analisar a existência de raízes unitárias e qual a ordem de integração. Caso a série seja afetada por efeitos sazonais não se conseguirá realizar uma correta estimação do modelo porque os parâmetros obtidos não serão consistentes.



Partindo do Teste de Dickey-Fuller Aumentado são estimadas doze regressões: quatro com constante e tendência (5), quatro com constante e sem tendência (6) e por fim quatro sem constante e sem tendência (7).

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \gamma_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \delta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \gamma_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (6)$$

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \gamma_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (7)$$

Com  $Y_t$  como a variável de interesse,  $\Delta$  como operador de diferenciação,  $t$  como tendência e  $\varepsilon$  como resíduo do ruído branco com uma média igual a zero e uma variância constante. As hipóteses em estudo para o referido teste são:

$$H_0: \quad \delta = 0 \text{ (} Y_t \text{ é uma série não estacionária)}$$

$$H_1: \quad \delta \neq 0 \text{ (} Y_t \text{ é uma série estacionária)}$$

Se as séries não são estacionárias, ou seja, existem raízes unitárias deve-se realizar um teste à cointegração com a finalidade de perceber a existência ou não de uma relação de longo prazo entre as variáveis.

### 3.2.5 - Teste à Cointegração

A realização de um teste de cointegração permite verificar a existência de alguma combinação linear entre as variáveis em estudo. Perante séries que são cointegradas é possível afirmar que existe uma relação de longo prazo entre elas e que as mesmas variam à mesma taxa no longo prazo.

Se as séries apresentarem cointegração, a estimação passa a ser realizada por um modelo VEC (Vector Error Correlation), para capturar a rapidez de ajustamento para o equilíbrio no caso de se verificar um choque numa das variáveis independentes. As hipóteses em estudo são:

$$H_0: \quad \text{Não existe nenhum vetor de cointegração}$$

$$H_1: \quad \text{Existe pelo menos um vetor de cointegração}$$

### 3.2.6 - Modelo VEC

O Modelo VEC é um modelo econométrico que tem em consideração a natureza dinâmica dos dados, tratando todas as variáveis como potencialmente endógenas. É também um modelo que permite a deteção de quaisquer efeitos indiretos que possam ocorrer entre as variáveis. O modelo obriga à convergência do comportamento de longo prazo das variáveis endógenas para as suas relações de cointegração, acomodando simultaneamente a dinâmica do curto prazo.

Para a estimação deste modelo é necessário ter em conta o número de defasamentos a selecionar uma vez que os resultados da estimação são sensíveis ao número de defasamentos selecionados para o modelo VEC. Se o número de defasamentos escolhido for inferior ao número de defasamentos “verdadeiro”, a omissão de variáveis relevantes poderá causar enviesamentos na estimação. Se, pelo contrário, se incluir um número de defasamentos superior, as estimações obtidas poderão ser ineficientes. Por norma, o número de defasamentos selecionado deriva do *Akaike Information Criterion* ou do *Schwarz Criteria*.

### 3.2.7 - Teste à Causalidade de Granger

A existência de cointegração entre as variáveis implica a presença de uma causalidade de Granger. No entanto, o teste de cointegração não revela a direção da causalidade. Daí a necessidade de se realizar o teste à Causalidade de Granger. Este é capturado através do modelo VEC que deriva dos vetores de cointegração de longo prazo.

A causalidade de Granger significa que se  $Y_t$  causa  $X_t$ , então  $X_{t+1}$  é uma melhor previsão se a informação de  $Y_t$  for incorporada na previsão do que se não for tida em conta. Por outras palavras, a causalidade de Granger verifica-se quando uma variável em particular (no presente ou no passado) ajuda a prever os valores futuros de outra variável (Granger, 1969). Se  $X_t$  e  $Y_t$  forem cointegradas, então o teste à causalidade de Granger vai incidir sob as seguintes regressões:

$$\Delta LX_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i \Delta LX_{t-i} + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta LY_{t-i} + \delta ECT_{t-1} + \mu_t \quad (8)$$

$$\Delta LY_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q b_i \Delta LY_{t-i} + \sum_{i=1}^r c_i \Delta LX_{t-i} + d ECT_{t-1} + e_t \quad (9)$$

Com  $Y_t$  e  $X_t$  a serem as variáveis de interesse,  $\mu_t$  e  $e_t$  termos de erro mutuamente não correlacionados,  $t$  o período de tempo e  $i$  o número de defasamentos.  $ECT$  é um termo que deriva da relação de longo prazo e que ajuda a medir a velocidade de ajustamento da variável dependente até ao seu equilíbrio de longo prazo, aquando da ocorrência de desvios desse equilíbrio no curto prazo.

A causalidade de Granger implica um teste da significância das seguintes hipóteses conjuntas:  $H_0: \gamma = 0, \delta = 0$  e  $H_0: c = 0, d = 0$ .

Segundo Granger (1969), os cenários possíveis são:

- a) a existência de uma relação de causalidade de Granger unidirecional a correr de  $X_t$  para  $Y_t$ , significando que a variável  $X_t$  tem um impacto significativo na previsão de valores correntes e futuros de  $Y_t$ . Deste modo,

$$\sum_{i=1}^m \beta_i \neq 0 \quad \text{e} \quad \sum_{i=1}^q b_i = 0$$

- b) a existência de uma relação de causalidade de Granger unidirecional a correr de  $Y_t$  para  $X_t$ , significando que a variável  $Y_t$  tem um impacto significativo na previsão de valores correntes e futuros de  $X_t$ . Deste modo,

$$\sum_{i=1}^m \beta_i = 0 \quad \text{e} \quad \sum_{i=1}^q b_i \neq 0$$

- c) a existência de uma relação de causalidade de Granger bidirecional entre as variáveis  $Y_t$  e  $X_t$ , significando que a variável  $Y_t$  tem um impacto significativo na previsão de valores correntes e futuros de  $X_t$  e, simultaneamente, a variável  $X_t$  tem um impacto significativo na previsão de valores correntes e futuros de  $Y_t$ . Assim,

$$\sum_{i=1}^m \beta_i \neq 0 \quad \text{e} \quad \sum_{i=1}^q b_i \neq 0$$

- d) a existência de uma relação de independência das variáveis  $Y_t$  e  $X_t$ , não se verificando a existência de uma causalidade de Granger em nenhuma das direções. Neste caso,

$$\sum_{i=1}^m \beta_i = 0 \quad \text{e} \quad \sum_{i=1}^q b_i = 0$$

### **3.2.8 - Decomposição da Variância**

A decomposição da variância revela o montante de informação com que cada variável contribui para as outras variáveis no modelo de auto regressão, ao longo de um horizonte temporal específico, indicando quais as variáveis que têm um impacto de curto e de longo prazo noutra variável de interesse. Por outras palavras, a decomposição da variância permite observar como é que determinada variável contribui para outra. Este processo mede a percentagem que cada choque de uma variável em particular tem na previsão dos erros de variância da variável dependente.

### **3.2.9 - Função de Resposta Impulso**

A função de resposta impulso analisa o comportamento das variáveis de acordo com um impulso verificado numa outra variável (*ceteris paribus*), demonstrando o efeito que um choque numa variável, num dado período, tem nos valores correntes e futuros das variáveis endógenas. Uma função de resposta impulso revela a direção de uma variável ao longo do tempo, depois de um choque. Tanto para a decomposição da variância como para as funções de resposta impulso selecionamos um horizonte temporal de 10 períodos (dias) devido à dinâmica de divulgação de informação diretora de preços.



## 4. Resultados

### 4.1. Matriz de correlações

De forma a conhecermos a direção da relação entre as variáveis selecionadas ainda que, de forma preliminar, elaborámos matrizes de correlações para o efeito. Os resultados obtidos seguem infra nas tabelas 3 a 10. Destas tabelas pode concluir-se que, para o biodiesel 1 (Tabela 3): (i) o desenvolvimento do mercado da semente de soja aparenta ter um menor impacto no desenvolvimento do biodiesel 1, quando comparado com o mercado da semente de colza; (ii) o mercado do óleo de soja na Europa é aquele que apresenta um maior impacto positivo para o mercado do biodiesel 1; (iii) o mercado do óleo de palma, também parece ter um impacto bastante positivo na evolução do biodiesel 1; (iv) relativamente às variáveis de controlo, o logaritmo da arbitragem entre os EUA e a Europa apresenta o sinal esperado, demonstrando que a sua relação com o mercado do biodiesel é negativa. Contudo, o logaritmo do índice de volatilidade do S&P500 exibe um sinal contrário ao que seria esperado; e (v) a correlação entre o logaritmo do Brent e o logaritmo do diesel é bastante elevada, assim como a correlação entre o logaritmo da semente de colza e o logaritmo do óleo de colza, tal como seria esperado, uma vez que ambas as variáveis têm uma relação primitiva/derivada entre si, acontecendo o mesmo com a correlação entre o logaritmo do óleo de soja nos EUA e o logaritmo do óleo de soja na Europa (embora não seja tão elevada).

Devido às elevadas correlações citadas anteriormente, realizaram-se combinações lineares do Brent com o diesel, dos óleos de soja, da semente de colza com o óleo de colza, sendo que os resultados se encontram na Tabela 4.

**Tabela 3 - Matriz de Correlações - Biodiesel 1**

Variável	Ibio1	Isemso	IsojaUE	IsojaEUA	Isemco	Icolza	Ipalma	Ibrent	Idiesel	Ieuaara	Ivix
Ibio1	100%	40%	92%	78%	64%	56%	78%	21%	13%	-27%	-32%
Isemso		100%	50%	49%	63%	48%	56%	45%	36%	-29%	-45%
IsojaUE			100%	84%	64%	60%	82%	15%	4%	-41%	-41%
IsojaEUA				100%	56%	45%	86%	22%	11%	-17%	-50%
Isemco					100%	90%	68%	51%	42%	-30%	-40%
Icolza						100%	56%	23%	13%	-43%	-26%
Ipalma							100%	22%	10%	-40%	-53%
Ibrent								100%	98%	29%	-49%
Idiesel									100%	37%	-38%
Ieuaara										100%	6%
Ivix											100%

Fonte: Elaboração própria

**Tabela 4 - Matriz de Correlações - Biodiesel 1**

Variável	Ibio1	Isemso	clsoja	clcolza	Ipalma	clbrent	Ieuaara	Ivix
Ibio1	100%	77%	88%	63%	78%	17%	-27%	-32%
Isemso		100%	51%	58%	56%	40%	-29%	-45%
clsoja			100%	60%	87%	14%	-29%	-48%
clcolza				100%	65%	36%	-36%	-36%
Ipalma					100%	16%	-40%	-53%
clbrent						100%	34%	-43%
Ieuaara							100%	6%
Ivix								100%

Fonte: Elaboração própria

Relativamente ao mercado do biodiesel 2 (Tabela 5), a matriz de correlações permite retirar as seguintes conclusões: (i) o desenvolvimento do mercado da semente de soja aparenta ter um menor impacto no desenvolvimento do biodiesel 2, quando comparado com os mercados do óleo de soja nos EUA e na Europa; (ii) o mercado da semente de colza é aquele que apresenta um maior impacto positivo para o mercado do biodiesel 2; (iii) o mercado do óleo de palma, também parece ter um impacto bastante positivo na evolução do biodiesel 2; (iv) relativamente às variáveis de controlo, o logaritmo do custo do frete entre os EUA e a Europa apresenta o sinal esperado, demonstrando que a sua relação com o mercado do biodiesel é negativa. Contudo, o logaritmo do índice de volatilidade do S&P500 exibe um sinal contrário de ainda maior grandeza face ao que seria esperado; e (v) a correlação entre o logaritmo do brent e o logaritmo do diesel é bastante elevada, assim como a correlação entre o logaritmo da semente de colza e o logaritmo do óleo de colza, tal como seria esperado, uma vez que ambas as variáveis têm uma relação primitiva/derivada entre si, acontecendo o mesmo com a correlação entre o logaritmo do óleo de soja nos EUA e o logaritmo do óleo de soja na Europa (embora não seja tão elevada). Devido às elevadas correlações identificadas anteriormente realizaram-se combinações lineares do brent com o diesel, dos óleos de soja, da semente de colza com o óleo de colza, sendo que os resultados se encontram na Tabela 6.

**Tabela 5 - Matriz de Correlações - Biodiesel 2**

Variável	lbio2	lsemso	lsojaUE	lsojaEUA	lsemco	lcolza	lpalma	lbrent	ldiesel	leuaara	lvix
<b>lbio2</b>	100%	51%	75%	62%	89%	82%	65%	44%	35%	-26%	-41%
<b>lsemso</b>		100%	50%	49%	63%	48%	56%	45%	36%	-29%	-45%
<b>lsojaUE</b>			100%	84%	64%	60%	82%	15%	4%	-41%	-41%
<b>lsojaEUA</b>				100%	56%	45%	86%	22%	11%	-17%	-50%
<b>lsemco</b>					100%	90%	68%	51%	42%	-30%	-40%
<b>lcolza</b>						100%	56%	23%	13%	-43%	-26%
<b>lpalma</b>							100%	22%	10%	-40%	-53%
<b>lbrent</b>								100%	98%	29%	-49%
<b>ldiesel</b>									100%	37%	-38%
<b>leuaara</b>										100%	6%
<b>lvix</b>											100%

Fonte: Elaboração própria

**Tabela 6 - Matriz de Correlações - Biodiesel 2**

Variável	lbio2	lsemso	clsoja	clcolza	lpalma	clbrent	leuaara	lvix
<b>lbio2</b>	100%	51%	71%	89%	65%	39%	-26%	-41%
<b>lsemso</b>		100%	51%	58%	56%	40%	-29%	-45%
<b>clsoja</b>			100%	60%	87%	14%	-33%	45%
<b>clcolza</b>				100%	65%	36%	-36%	-36%
<b>lpalma</b>					100%	16%	-40%	-53%
<b>clbrent</b>						100%	34%	-43%
<b>leuaara</b>							100%	6%
<b>lvix</b>								100%

Fonte: Elaboração própria

Já para o mercado do biodiesel 3, a matriz das correlações apresentada na Tabela 7 permite aferir que: (i) o desenvolvimento do mercado da semente de soja aparenta ter um menor impacto no desenvolvimento do biodiesel 3, quando comparado com o mercado da semente de colza; (ii) o mercado do óleo de soja na Europa é aquele que apresenta um maior impacto positivo para o mercado do biodiesel 3; (iii) o mercado do óleo de palma, também parece ter um impacto bastante positivo na evolução do biodiesel 3; (iv) relativamente às variáveis de controlo, o logaritmo do custo de frete

entre os EUA e a Europa apresenta o sinal esperado, demonstrando que a sua relação com o mercado do biodiesel é negativa. Contudo, o logaritmo do índice de volatilidade do S&P500 exibe um sinal contrário reduzido comparativamente ao que seria esperado; e (v) a correlação entre o logaritmo do brent e o logaritmo do diesel é bastante elevada, assim como a correlação entre o logaritmo da semente de colza e o logaritmo do óleo de colza, tal como seria esperado, uma vez que ambas as variáveis têm uma relação primitiva/derivada entre si, acontecendo o mesmo com a correlação entre o logaritmo do óleo de soja nos EUA e o logaritmo do óleo de soja na Europa (embora não seja tão elevada). Devido às elevadas correlações citadas anteriormente realizaram-se combinações lineares do brent com o diesel, dos óleos de soja, da semente de colza com o óleo de colza, sendo que os resultados se encontram na Tabela 8.

**Tabela 7 - Matriz de Correlações - Biodiesel 3**

Variável	Ibio3	Isemso	IsojaUE	IsojaEUA	Isemco	Icolza	Ipalma	Ibrent	Idiesel	Ieuaara	Ivix
Ibio3	100%	9%	67%	43%	47%	55%	40%	8%	3%	-22%	-14%
Isemso		100%	50%	49%	63%	48%	56%	45%	36%	-29%	-45%
IsojaUE			100%	84%	64%	60%	82%	15%	4%	-41%	-41%
IsojaEUA				100%	56%	45%	86%	22%	11%	-17%	-50%
Isemco					100%	90%	68%	51%	42%	-30%	-40%
Icolza						100%	56%	23%	13%	-43%	-26%
Ipalma							100%	22%	10%	-40%	-53%
Ibrent								100%	98%	29%	-49%
Idiesel									100%	37%	-38%
Ieuaara										100%	6%
Ivix											100%

Fonte: Elaboração própria

**Tabela 8 - Matriz de Correlações - Biodiesel 3**

Variável	Ibio3	Isemso	clsoja	clcolza	Ipalma	clbrent	Ieuaara	Ivix
Ibio3	100%	9%	57%	52%	40%	5%	-22%	-14%
Isemso		100%	51%	58%	56%	40%	-29%	-45%
clsoja			100%	60%	87%	14%	-33%	45%
clcolza				100%	65%	36%	-36%	-36%
Ipalma					100%	16%	-40%	-53%
clbrent						100%	34%	-43%
Ieuaara							100%	6%
Ivix								100%

Fonte: Elaboração própria

Por fim, de acordo com a matriz de correlações exibida na Tabela 9, o mercado do biodiesel 4 permite a seguinte análise: (i) o desenvolvimento do mercado da semente de soja aparenta ter um menor impacto no desenvolvimento do biodiesel 4, quando comparado com o mercado do óleo de palma; (ii) o mercado da semente de colza é aquele que apresenta um maior impacto positivo para o mercado do biodiesel 4; (iii) o mercado do óleo de colza, também parece ter um impacto bastante positivo na evolução do biodiesel 4; (iv) relativamente às variáveis de controlo, o logaritmo do custo de frete entre os EUA e a Europa apresenta o sinal esperado, demonstrando que a sua relação com o mercado do biodiesel é negativa. Contudo, o logaritmo do índice de volatilidade do S&P500 exibe um sinal contrário muito elevado comparativamente ao que seria esperado sendo importante realçar neste caso que os principais países exportadores de palma que são países subdesenvolvidos e com poder negocial reduzido (Malásia e Indonésia); e (v) a correlação entre o logaritmo do brent e o logaritmo do diesel é bastante elevada, assim como a correlação entre o logaritmo da semente de colza e o

logaritmo do óleo de colza, tal como seria esperado, uma vez que ambas as variáveis têm uma relação primitiva/derivada entre si, acontecendo o mesmo com a correlação entre o logaritmo do óleo de soja nos EUA e o logaritmo do óleo de soja na Europa (embora não seja tão elevada). Devido às elevadas correlações citadas anteriormente realizaram-se combinações lineares do Brent com o diesel, dos óleos de soja, da semente de colza com o óleo de colza, sendo que os resultados se encontram na Tabela 10.

**Tabela 9 - Matriz de Correlações - Biodiesel 4**

Variável	lbio4	lsemso	lsojaUE	lsojaEUA	lsemco	lcolza	lpalma	lbrent	ldiesel	leuaara	lvix
<b>lbio4</b>	100%	63%	67%	58%	96%	84%	67%	54%	45%	-26%	-46%
<b>lsemso</b>		100%	50%	49%	63%	48%	56%	45%	36%	-29%	-45%
<b>lsojaUE</b>			100%	84%	64%	60%	82%	15%	4%	-41%	-41%
<b>lsojaEUA</b>				100%	56%	45%	86%	22%	11%	-17%	-50%
<b>lsemco</b>					100%	90%	68%	51%	42%	-30%	-40%
<b>lcolza</b>						100%	56%	23%	13%	-43%	-26%
<b>lpalma</b>							100%	22%	10%	-40%	-53%
<b>lbrent</b>								100%	98%	29%	-49%
<b>ldiesel</b>									100%	37%	-38%
<b>leuaara</b>										100%	6%
<b>lvix</b>											100%

Fonte: Elaboração própria

**Tabela 10 - Matriz de Correlações - Biodiesel 4**

Variável	lbio4	lsemso	clsoja	clcolza	lpalma	clbrent	leuaara	lvix
<b>lbio4</b>	56%	63%	65%	94%	67%	49%	-26%	-46%
<b>lsemso</b>		100%	51%	58%	56%	40%	-29%	-45%
<b>clsoja</b>			100%	60%	87%	14%	-33%	45%
<b>clcolza</b>				100%	65%	36%	-36%	-36%
<b>lpalma</b>					100%	16%	-40%	-53%
<b>clbrent</b>						100%	34%	-43%
<b>leuaara</b>							100%	6%
<b>lvix</b>								100%

Fonte: Elaboração própria

Resumidamente e tendo por base as matrizes de correlações para os quatro tipos de biodiesel, é possível argumentar que, no caso do biodiesel 2 e 4, o mercado irá apresentar uma maior influência proveniente da semente de colza e, no caso do biodiesel 1 e 3 irá apresentar como principal fator o óleo de soja em detrimento dos restantes. No biodiesel 1 é utilizado no seu fabrico uma percentagem superior de óleo de soja comparativamente com os restantes apesar de este biodiesel se tratar de uma mistura de diversos óleos.

#### 4.2 Teste às raízes unitárias

O primeiro passo será a verificação da estacionariedade das séries de maneira a trabalhar corretamente com as séries temporais e efetuar uma correta estimação do modelo com parâmetros adequados. Deste modo procedemos à verificação através do teste de Dickey Fuller Aumentado.

Tendo em conta as três situações referidas em (5) (6) (7) realizou-se o teste (consultar Tabela 11 e Tabela 12). Para o caso em que as variáveis se encontram em nível apenas se teve em consideração os resultados para a situação com constante e tendência. Durante a realização do teste para as primeiras e segundas diferenças das séries, a atenção virou-se para as estatísticas obtidas para a situação onde a série exibiu uma



constante. Para o teste de Dickey Fuller Aumentado foi utilizado o critério de Schwarz com um valor predefinido pelo software econométrico Eviews 7 considerando-se 13 defasamentos temporais. Conforme os resultados do teste às raízes unitárias, todas as séries consideradas apresentaram-se como sendo integradas de ordem 2, ou seja, possuem duas raízes unitárias.

De maneira a assegurar que as estimações das várias regressões e os respetivos testes incidissem sobre séries estacionárias realizou-se o cálculo das respetivas diferenças. Como todas as séries são integradas de ordem 2, efetuou-se o cálculo da diferença entre o valor das séries no momento  $t$  e o valor em  $t-2$ .

**Tabela 11** - Ordem de Integração das Variáveis

Variável	Integração
lbio1	I(2)
lbio2	I(2)
lbio3	I(2)
lbio4	I(2)
lsemso	I(2)
clsoja	I(2)
clcolza	I(2)
lpalma	I(2)
clbrent	I(2)
leuaara	I(2)
lvix	I(2)

Fonte: Elaboração própria (com recurso aos resultados obtidos com software econométrico Eviews). I(2): série integrada de ordem 2 (apresentam duas raízes unitárias). Informação mais detalhada na Tabela 12

**Tabela 12** - Resultados do Teste Dickey Fuller Aumentado - Raízes Unitárias

Variáveis	Nível			Primeiras Diferenças			Segundas Diferenças		
	a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	c)
lbio1	-3,02	-1,76	0,23	-21,65	-21,59	-21,61		-17,27	-17,28
lbio2	-2,18	-1,41	0,55	-23,62	-23,60	-23,61			-12,78
lbio3	-2,89	-1,75	0,33	-22,90	-22,89	-22,91			-12,88
lbio4	-1,61	-1,09	0,55	-23,15	-23,14	-23,14			-13,73
lsemso	-2,16	-2,01	-0,05	-23,95	-23,95	-23,97			-15,25
clsoja	-2,72	-1,80	-0,19	-20,68	-20,67	-20,69			-11,37
clcolza	-2,43	-1,90	0,02	-21,99	-21,99	-22,02			-12,98
lpalma	-2,20	-1,35	0,42	-25,86	-25,81	-25,82			-16,61
clbrent	-1,18	-1,48	-0,12	-21,48	-21,47	-21,50			-14,51
lmedara	-3,71*	-2,90*	-0,48	-8,40	-8,35	-8,36			-20,62
leuaara	-3,85*	-3,18*	-0,38	-14,59	-14,60	-14,61			-13,96
lvix	-4,18	-4,10	-0,46	-22,24	-22,26	-22,28			-14,78

Notas: a) Situação com constante e com tendência; b) Situação com constante; c) Situação sem constante e sem tendência. \* Estatística com  $p\text{-value} \leq 5\%$ . Fonte: Elaboração própria (com recurso aos resultados do teste ADF do software econométrico Eviews).

### 4.3. Número de defasamentos

A seleção do número de defasamentos é extremamente sensível porque influencia os resultados das estimações obtidas assim como as relações de causalidade. Um número incorreto de defasamentos implica enviesamento das estimações e ineficiência das mesmas. Posto isto, o número de defasamentos foi selecionado através do critério de Schwarz e os resultados apresentam-se na tabela 13 para as variáveis dependentes de

interesse e nas tabelas 14 a 17 a estrutura de defasamentos para cada um destas variáveis analisadas.

**Tabela 13 - Estrutura de Defasamentos**

Coluna1	lbio1	lbio2	lbio3	lbio4
Número de Defasamentos segundo o Critério de Schwarz	3	2	2	3

Fonte: Elaboração própria (com recurso aos resultados obtidos pelo software econométrico Eviews).

**Tabela 14 - Estrutura de Defasamento - Biodiesel 1**

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	2982.742	NA	2.35e-13	-12.05159	-12.00054	-12.03155
1	3486.933	994.0933	3.53e-14	-13.94710	-13.58979	-13.80682
2	3693.420	402.1076	1.77e-14	-14.63733	-13.97377	-14.37682
3	3811.959	227.9592	1.27e-14	-14.97149	-14.00168*	-14.59074
4	3888.288	144.9330	1.08e-14	-15.13477	-13.85870	-14.63378*
5	3938.554	94.22263	1.02e-14	-15.19253	-13.61020	-14.57130
6	3980.336	77.30445	9.95e-15	-15.21593	-13.32734	-14.47447
7	4026.162	83.67568	9.57e-15	-15.25572	-13.06087	-14.39402
8	4076.041	89.86136*	9.06e-15*	-15.31191*	-12.81080	-14.32997

Fonte: Software Econométrico Eviews 7. Observações incluídas: 494. \*Ordem de defasamento selecionado (testes executados tendo por base um nível de significância de 5%). LR: sequential modified LR test statistic; FPE: Final prediction error; AIC: Akaike information criterion; SC: Schwarz information criterion; HQ: Hannan-Quinn information criterion.

**Tabela 15 - Estrutura de Defasamento - Biodiesel 2**

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	1961.495	NA	1.47e-11	-7.916983	-7.865940	-7.896944
1	2576.864	1213.299	1.41e-12	-10.26261	-9.905307	-10.12233
2	2808.819	451.7008	6.36e-13	-11.05595	-10.39239*	-10.79543
3	2914.769	203.7510	4.79e-13	-11.33915	-10.36933	-10.95840
4	2998.237	158.4882	3.96e-13	-11.53132	-10.25525	-11.03034*
5	3042.387	82.75934	3.83e-13	-11.56432	-9.981990	-10.94310
6	3096.146	99.46493	3.57e-13	-11.63622	-9.747631	-10.89476
7	3132.506	66.38938	3.57e-13	-11.63768	-9.442829	-10.77598
8	3183.454	91.78824*	3.36e-13*	-11.69819*	-9.197089	-10.71626

Fonte: Software Econométrico Eviews 7. Observações incluídas: 494. \*Ordem de defasamento selecionado (testes executados tendo por base um nível de significância de 5%). LR: sequential modified LR test statistic; FPE: Final prediction error; AIC: Akaike information criterion; SC: Schwarz information criterion; HQ: Hannan-Quinn information criterion.

**Tabela 16 - Estrutura de Defasamento - Biodiesel 3**

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	1958.776	NA	1.48e-11	-7.905975	-7.854932	-7.885936
1	2557.334	1180.153	1.52e-12	-10.18354	-9.826238	-10.04326
2	2776.093	426.0039	7.26e-13	-10.92345	-10.25989*	-10.66294
3	2883.653	206.8464	5.44e-13	-11.21317	-10.24335	-10.83242
4	2964.445	153.4075	4.54e-13	-11.39452	-10.11844	-10.89353*
5	3024.457	112.4915	4.12e-13	-11.49173	-9.909398	-10.87051
6	3073.072	89.94642	3.92e-13	-11.54280	-9.654211	-10.80134
7	3106.772	61.53398	3.96e-13	-11.53349	-9.338643	-10.67179
8	3160.774	97.29102*	3.68e-13*	-11.60637*	-9.105268	-10.62444

Fonte: Software Econométrico Eviews 7. Observações incluídas: 494. \*Ordem de defasamento selecionado (testes executados tendo por base um nível de significância de 5%). LR: sequential modified LR test statistic; FPE: Final prediction error; AIC: Akaike information criterion; SC: Schwarz information criterion; HQ: Hannan-Quinn information criterion.

**Tabela 17- Estrutura de Desfasamento - Biodiesel 4**

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	2845.065	NA	4.10e-13	-11.49419	-11.44315	-11.47415
1	3334.823	965.6355	6.54e-14	-13.33127	-12.97397	-13.19099
2	3519.419	359.4770	3.58e-14	-13.93287	-13.26931	-13.67236
3	3635.312	222.8707	2.59e-14	-14.25632	-13.28651*	-13.87557
4	3713.651	148.7497	2.19e-14	-14.42774	-13.15166	-13.92675*
5	3771.220	107.9123	2.00e-14	-14.51506	-12.93273	-13.89384
6	3818.890	88.20018	1.91e-14	-14.56231	-12.67372	-13.82085
7	3847.884	52.93890	1.97e-14	-14.53394	-12.33909	-13.67224
8	3902.432	98.27618*	1.83e-14*	-14.60904*	-12.10793	-13.62710

Fonte: Software Econométrico Eviews 7. Observações incluídas: 494. \*Ordem de desfasamento selecionado (testes executados tendo por base um nível de significância de 5%). LR: sequential modified LR test statistic; FPE: Final prediction error; AIC: Akaike information criterion; SC: Schwarz information criterion; HQ: Hannan-Quinn information criterion.

#### 4.4. Cointegração das Séries

Realizou-se adicionalmente um teste à cointegração, o teste de Johansen, com o objetivo de verificar a existência de uma relação de longo prazo entre as variáveis. O teste realizado incidiu sobre o "Maximum Eigenvalue" e os resultados apresentam-se de forma sumária na Tabela 18, sendo que nas tabelas 19 a 22 apresentam-se os resultados mais detalhados para cada um dos tipos de diesel considerados na análise.

**Tabela 18 - Equações de Cointegração**

Coluna1	lbio1	lbio2	lbio3	lbio4
Número de Equações de Cointegração	6	6	6	6

Fonte: Elaboração própria (com recurso aos resultados obtidos pelo software econométrico Eviews).

**Tabela 19 - Teste à Cointegração de Johansen: Trace - Biodiesel 1**

Hypothesized	Trace		0.05	
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob.**
None *	0.435675	1024.304	95.75366	0.0001
At most 1 *	0.296924	738.2411	69.81889	0.0001
At most 2 *	0.284819	562.0959	47.85613	0.0001
At most 3 *	0.250253	394.4864	29.79707	0.0001
At most 4 *	0.237716	250.4768	15.49471	0.0001
At most 5 *	0.205083	114.7586	3.841466	0.0000

Fonte: Software Econométrico Eviews 7. Observações incluídas: 500. Tendência assumida: determinística linear. Intervalo de Desfasamento (na primeira diferença): 1 para 3. Teste Trace a indicar 6 equações de cointegração para um nível de significância de 5%. \*Indica a rejeição da hipótese nula (a 5%). \*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values.

**Tabela 19.1 - Teste à Cointegração de Johansen: Maximum Eigenvalue - Biodiesel 1**

Hypothesized	Max-Eigen		0.05	
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob.**
None *	0.435675	286.0627	40.07757	0.0001
At most 1 *	0.296924	176.1452	33.87687	0.0001
At most 2 *	0.284819	167.6095	27.58434	0.0001
At most 3 *	0.250253	144.0096	21.13162	0.0001
At most 4 *	0.237716	135.7182	14.26460	0.0001
At most 5 *	0.205083	114.7586	3.841466	0.0000

Fonte: Software Econométrico Eviews 7. Observações incluídas: 500. Tendência assumida: determinística linear. Intervalo de Desfasamento (na primeira diferença): 1 para 3. Teste Maximum Eigenvalue a indicar 6 equações de cointegração para um nível de significância de 5%

\*Indica a rejeição da hipótese nula (a 5%). \*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

**Tabela 20 - Teste à Cointegração de Johansen: Trace - Biodiesel 2**

Hypothesized	Trace		0.05	
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob.**
None *	0.446367	981.6330	95.75366	0.0001
At most 1 *	0.300982	686.0067	69.81889	0.0001
At most 2 *	0.266560	506.9671	47.85613	0.0001
At most 3 *	0.221610	351.9621	29.79707	0.0001
At most 4 *	0.208982	226.6982	15.49471	0.0001
At most 5 *	0.196647	109.4808	3.841466	0.0000

Fonte: Software Econométrico Eviews 7. Observações incluídas: 500. Tendência assumida: determinística linear. Intervalo de Desfasamento (na primeira diferença): 1 para 2. Teste Trace a indicar 6 equações de cointegração para um nível de significância de 5%. \*Indica a rejeição da hipótese nula (a 5%). \*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

**Tabela 20.1 - Teste à Cointegração de Johansen: Maximum Eigenvalue - Biodiesel 2**

Hypothesized	Max-Eigen		0.05	
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob.**
None *	0.446367	295.6263	40.07757	0.0001
At most 1 *	0.300982	179.0396	33.87687	0.0001
At most 2 *	0.266560	155.0050	27.58434	0.0001
At most 3 *	0.221610	125.2639	21.13162	0.0001
At most 4 *	0.208982	117.2174	14.26460	0.0001
At most 5 *	0.196647	109.4808	3.841466	0.0000

Fonte: Software Econométrico Eviews 7. Observações incluídas: 500. Tendência assumida: determinística linear. Intervalo de Desfasamento (na primeira diferença): 1 para 2. Teste Maximum Eigenvalue a indicar 6 equações de cointegração para um nível de significância de 5%

\*Indica a rejeição da hipótese nula (a 5%). \*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values.

**Tabela 21 - Teste à Cointegração de Johansen: Trace - Biodiesel 3**

Hypothesized	Trace		0.05	
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob.**
None *	0.375060	925.4024	95.75366	0.0001
At most 1 *	0.302046	690.3521	69.81889	0.0001
At most 2 *	0.269534	510.5512	47.85613	0.0001
At most 3 *	0.224603	353.5147	29.79707	0.0001
At most 4 *	0.213637	226.3246	15.49471	0.0001
At most 5 *	0.191288	106.1561	3.841466	0.0000

Fonte: Software Econométrico Eviews 7. Observações incluídas: 500. Tendência assumida: determinística linear. Intervalo de Desfasamento (na primeira diferença): 1 para 2. Teste Trace a indicar 6 equações de cointegração para um nível de significância de 5%. \*Indica a rejeição da hipótese nula (a 5%). \*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values.

**Tabela 21.1 - Teste à Cointegração de Johansen: Maximum Eigenvalue - Biodiesel 3**

Hypothesized	Max-Eigen		0.05	
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob.**
<b>None *</b>	0.375060	235.0502	40.07757	0.0001
<b>At most 1 *</b>	0.302046	179.8009	33.87687	0.0001
<b>At most 2 *</b>	0.269534	157.0365	27.58434	0.0001
<b>At most 3 *</b>	0.224603	127.1901	21.13162	0.0001
<b>At most 4 *</b>	0.213637	120.1685	14.26460	0.0001
<b>At most 5 *</b>	0.191288	106.1561	3.841466	0.0000

Fonte: Software Econométrico Eviews 7. Observações incluídas: 500. Tendência assumida: determinística linear. Intervalo de Desfasamento (na primeira diferença): 1 para 2. Teste Maximum Eigenvalue a indicar 6 equações de cointegração para um nível de significância de 5% \*Indica a rejeição da hipótese nula (a 5%). \*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values.

**Tabela 22 - Teste à Cointegração de Johansen: Trace - Biodiesel 4**

Hypothesized	Trace		0.05	
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob.**
<b>None *</b>	0.452866	1015.904	95.75366	0.0001
<b>At most 1 *</b>	0.301121	714.3726	69.81889	0.0001
<b>At most 2 *</b>	0.277833	535.2340	47.85613	0.0001
<b>At most 3 *</b>	0.255601	372.4846	29.79707	0.0001
<b>At most 4 *</b>	0.211607	224.8954	15.49471	0.0001
<b>At most 5 *</b>	0.191062	106.0163	3.841466	0.0000

Fonte: Software Econométrico Eviews 7. Observações incluídas: 500. Tendência assumida: determinística linear. Intervalo de Desfasamento (na primeira diferença): 1 para 2. Teste Trace a indicar 6 equações de cointegração para um nível de significância de 5%. \*Indica a rejeição da hipótese nula (a 5%). \*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values.

**Tabela 22.1 - Teste à Cointegração de Johansen: Maximum Eigenvalue - Biodiesel 4**

Hypothesized	Max-Eigen		0.05	
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob.**
<b>None *</b>	0.452866	301.5310	40.07757	0.0001
<b>At most 1 *</b>	0.301121	179.1386	33.87687	0.0001
<b>At most 2 *</b>	0.277833	162.7494	27.58434	0.0001
<b>At most 3 *</b>	0.255601	147.5892	21.13162	0.0001
<b>At most 4 *</b>	0.211607	118.8791	14.26460	0.0001
<b>At most 5 *</b>	0.191062	106.0163	3.841466	0.0000

Fonte: Software Econométrico Eviews 7. Observações incluídas: 500. Tendência assumida: determinística linear. Intervalo de Desfasamento (na primeira diferença): 1 para 2. Teste Trace a indicar 6 equações de cointegração para um nível de significância de 5%. \*Indica a rejeição da hipótese nula (a 5%). \*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values.

A existência de equações de cointegração implica que existe pelo menos uma relação de longo prazo entre as variáveis (Wooldridge, 2002). De maneira a ser possível capturar a rapidez do ajustamento até ao equilíbrio de longo prazo, caso se verifique um choque numa das variáveis, realizar-se-ão estimações com base num modelo VEC (Vector Error Correction).

#### 4.5. Modelo VEC

O modelo VEC permite examinar se os valores anteriores de  $z$  ajudam a prever os valores futuros de  $y$ .

$$y_t = \beta_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \gamma_1 z_{t-1} + \alpha_2 y_{t-2} + \gamma_2 z_{t-2} + (\dots) \quad (10)$$

Adicionalmente, estes modelos permitem detetar todos os efeitos indiretos que possam existir entre as variáveis do modelo, mostrando que uma determinada variável pode ter impacto noutra variável através de uma terceira variável do modelo, captando assim a dinâmica de curto prazo. Como todas as variáveis estão em logs, ao falarmos da variável dependente ou independente referimo-nos só à variável original na análise que se segue.

As estimações efetuadas para os vários tipos de biodiesel são apresentadas nas Tabelas B.1, Tabela B.2, Tabela B.3 e Tabela B.4 no anexo B.

#### 4.5.1 Biodiesel 1

A velocidade de ajustamento das variáveis face aos seus equilíbrios de longo prazo quando existem desvios são medidas pelas variáveis CointEq1 a CointEq5. Os logaritmos vão ajustar-se até ao seu equilíbrio de longo prazo mesmo que haja divergências, visto que pelo menos uma das variáveis se revelou estatisticamente significativa para cada uma das variáveis no modelo.

Olhando para a primeira coluna da Tabela B.1, onde a variável dependente é o biodiesel (mistura de óleos) pode verificar-se que o óleo de soja apresenta uma influência negativa sobre a evolução do biodiesel. Esta preponderância está presente nos dois desfasamentos incluídos na estimação do modelo, fazendo com que o acréscimo de 1% na combinação linear dos logaritmos do óleo de soja provoque uma diminuição de 0,032% (soma do impacto no momento t-1 e do impacto no momento t-2).

O desenvolvimento da combinação linear da semente e óleo de colza manifesta um impacto negativo quase residual na evolução de preços do biodiesel. Traduzindo-se na diminuição de 0,004% no biodiesel quando a combinação linear da semente e óleo de colza verifica um aumento de 1%. Na segunda coluna apenas se observa que a semente de soja tem uma influência positiva no desenvolvimento da combinação linear dos óleos de soja. Esta influência é verificada estatisticamente, sendo que o aumento de 1% da semente de soja originará um acréscimo de 1,775% no óleo de soja no momento t-1.

Direcionando o foco para a terceira coluna, pode observar-se que a combinação linear do Brent com o Diesel assim como o índice de volatilidade representa, no momento t-2, um efeito negativo no desenvolvimento da combinação linear da semente e óleo de colza. Este efeito tem subjacente que um aumento 1% no logaritmo da colza gera uma diminuição de 0,107% e 0,361%. Ainda na terceira coluna, observa-se que a semente de soja tem uma influência positiva no desenvolvimento da combinação linear da semente e óleo de colza. Esta influência é verificada estatisticamente, sendo que o aumento de 1% da semente de soja originará um acréscimo de 1,746% no óleo de soja no momento t-1 o que era espectável dada a correlação que se verificou anteriormente.

Na quarta coluna, verifica-se que a combinação linear do Brent com o Diesel é influenciada pelas outras combinações lineares estimadas no modelo. O acréscimo de 1% no momento t-2 do óleo de soja origina um aumento de 0,288% na combinação do Brent com o Diesel. A preponderância da combinação linear da semente e óleo de colza está presente nos dois desfasamentos incluídos na estimação do modelo, fazendo com que o acréscimo de 1% na combinação linear do logaritmo dos óleos de soja provoque uma diminuição de 0,417% (soma do impacto no momento t-1 e do impacto no momento t-2).

A respeito da quinta coluna (onde consta a variável  $lvix$ ) é possível afirmar que o índice de volatilidade do S&P500 é influenciado por todas as variáveis (excluindo a variável  $lbio1$ ). O acréscimo de 1% no momento  $t-1$  do óleo de soja origina o aumento 0,082% na volatilidade. O acréscimo de 1% no momento  $t-1$  do óleo de colza origina a diminuição de 0,061% no logaritmo da volatilidade. Já a combinação linear do logaritmo do Brent com o Diesel no momento  $t-2$  se aumentar 1% provocará a diminuição de 0,038% na volatilidade. Ainda no momento  $t-2$ , quando o logaritmo da semente de soja subir 1% isto representará um acréscimo de 0,864% no logaritmo da volatilidade do S&P500. Na última coluna, respeitante ao logaritmo da semente de soja apenas é possível aferir que quando este aumentar 1%, a diminuição do logaritmo do mercado do biodiesel será de 0,12%.

#### **4.5.2 Biodiesel 2**

Focando na primeira coluna da Tabela B.2 onde a variável dependente é o biodiesel 2 é possível concluir que o óleo de colza apresenta uma influência negativa sobre a evolução do biodiesel. Esta preponderância está presente nos dois desfasamentos em que o modelo foi estimado, fazendo com que o acréscimo de 1% na combinação linear dos logaritmos do óleo e semente de colza provoque uma diminuição acumulada de 0,029% (soma do impacto no momento  $t-1$  e do impacto no momento  $t-2$ ).

Na segunda coluna pode verificar-se que a combinação linear do logaritmo dos óleos de soja apresenta apenas um coeficiente estatisticamente significativo. O logaritmo do custo de frete entre os EUA e a Europa se aumentar 1% originará um decréscimo de 0,028% no momento  $t-2$ . O resultado do custo de frete entre os EUA e a Europa segue, de certa forma, a teoria económica pois face a aumentos nos custos de exportação irá haver mais oferta doméstica e para uma procura constante os preços devem diminuir.

Centrando a atenção na terceira e quartas colunas podemos afirmar que ambas apresentam apenas um coeficiente estatisticamente significativo. Caso o logaritmo do biodiesel 2 aumente 1% no momento  $t-2$  a combinação linear da semente e óleo de colza aumentará 1,433%. No mesmo sentido se a combinação linear do óleo de soja no momento  $t-2$  aumentar 1% isso originará um acréscimo de 0,268% na combinação linear do Brent com o Diesel.

Quanto à quinta coluna podemos observar que se o biodiesel desfasado no momento  $t-2$  aumentar 1% isso provoca um decréscimo de 0,715% no índice de volatilidade. Em sentido contrário, a combinação linear dos óleos de soja, desfasado no momento  $t-1$ , ao aumentar 1% conduzirá a um aumento residual de 0,059% no logaritmo da volatilidade.

Por fim, focando na última coluna, é possível verificar que se a combinação linear dos óleos de soja e a combinação linear da semente e óleo de colza, desfasadas no momento  $t-1$ , aumentarem em 1% provocarão diminuições de 0,0068% e 0,0028% na arbitragem entre os EUA e a Europa, respetivamente.

#### **4.5.3 Biodiesel 3**

De igual modo que para os outros tipos de biodiesel até ao momento, a velocidade de ajustamento das variáveis face aos seus equilíbrios de longo prazo quando existem desvios são medidas pelas variáveis  $CointEq1$  a  $CointEq5$ . Os logaritmos vão ajustar-se até ao seu equilíbrio de longo prazo mesmo que haja divergências.

A atenção recai na Tabela B.3 e como nas análises anteriores sobre a primeira coluna onde é possível verificar que as combinações da soja, colza e brent, embora de forma residual, têm influência sobre o biodiesel 3. Estatisticamente, se a soja aumentar em 1%

no momento t-1 isso provocará uma diminuição de 0,008% no biodiesel 3. Por seu lado, se o Brent tiver um acréscimo em 1% no momento t-2 o mesmo originará um aumento de 0,004% no biodiesel 3. Através do biodiesel 3 é possível concluir que o óleo de colza apresenta uma influência negativa sobre a evolução do biodiesel. Esta preponderância está presente nos dois desfasamentos utilizados para a estimação do modelo, fazendo com que o acréscimo de 1% na combinação linear dos logaritmos do óleo e semente de colza provoque uma diminuição acumulada de 0,018% (soma do impacto no momento t-1 e do impacto no momento t-2). Ainda na primeira coluna observa-se que se o índice de volatilidade no momento t-2 crescer 1% isso provocará um crescimento de 0,014% no biodiesel.

Na segunda coluna, constata-se que apenas a variável arbitragem entre os EUA e a Europa se apresenta estatisticamente significativa. Se a mesma aumentar 1% no momento t-2 isto originará uma diminuição de 0,261% no óleo de soja. Já na terceira coluna apenas o óleo de soja se revela estatisticamente significativo. Se o mesmo aumentar 1% no momento t-2 isto originará um aumento de 0,2227% no logaritmo do Brent.

Direcionando o foco para a quarta coluna verifica-se que também existe apenas um coeficiente estatisticamente significativo. O coeficiente do biodiesel 3 se variar em 1% no momento t-2 provoca um crescimento de 2,314% na colza. O índice de volatilidade do S&P500 presente na quinta coluna diminuirá 0,662% e 0,046% se o biodiesel no momento t-2 e se o óleo de colza no momento t-1 variarem em 1%, respetivamente.

Na última coluna deste modelo observa-se que os logaritmos do óleo de soja e da colza nos momentos t-1 são estatisticamente significativos e consequentemente têm influência sobre a arbitragem entre os EUA e a Europa. Se o óleo de soja variar 1% os resultados parecem indicar que isso provocará um decréscimo de 0,063% na arbitragem enquanto se a colza variar na mesma proporção isso originará um acréscimo de 0,041% no logaritmo da arbitragem.

#### **4.5.4 Biodiesel 4**

As variáveis CointEq1 a CointEq5 medem a rapidez com que as diferentes variáveis do modelo se ajustam perante os desvios do seu equilíbrio de longo prazo. Observando os resultados na Tabela B.4, pode perceber-se que apenas as variáveis biodiesel 4, do óleo de soja, do Brent, da colza e do óleo de palma se vão ajustar ao seu equilíbrio de longo prazo aquando da ocorrência de divergências do mesmo no curto prazo.

Através do biodiesel 4 na primeira coluna do modelo é possível concluir que o óleo de colza apresenta uma influência negativa sobre a evolução do biodiesel. Esta preponderância está presente nos dois primeiros desfasamentos em que o modelo foi estimado, fazendo com que o acréscimo de 1% na combinação linear dos logaritmos do óleo e semente de colza provoque uma diminuição acumulada de 0,04% (soma do impacto no momento t-1 e do impacto no momento t-2). Ainda na primeira coluna observa-se que se o óleo de soja no momento t-1 crescer em 1% isso provocará um crescimento de 0,01% no biodiesel.

Na segunda coluna observa-se que existem diversos coeficientes estatisticamente significativos. Desde logo, o logaritmo do biodiesel no momento t-2 se aumentar 1% provoca uma diminuição de 0,113% no óleo de palma. A combinação linear dos óleos de soja se variar 1% tem um impacto acumulado de 0,036% resultante da soma do impacto no momento t-1 e no momento t-2. Também o logaritmo da colza e do Brent são significativos, revelando ter impacto no óleo de soja. Se o logaritmo da colza crescer 1%



no momento t-1 isso provoca uma diminuição de 0,012%. Por outro lado, se o Brent aumentar 1% no momento t-2 isso originará um decréscimo de 0,005% no óleo de soja. De realçar ainda que o índice de volatilidade do S&P500 apresenta coeficientes estatisticamente relevantes nos três desfasamentos incluídos na estimação do modelo, isto pode dever-se à importância da exportação de óleo de palma nos seus países de origem assim como a moeda nesses países ser muito fraca e extremamente volátil. Caso cresça 1% isto terá impacto acumulado negativo de 0,074% no óleo de soja.

Através da estimação do variável óleo de soja da terceira coluna do modelo é possível concluir que o Brent apresenta uma influência positiva sobre a evolução do óleo de soja. Esta relevância está presente no primeiro e terceiro desfasamentos em que o modelo foi estimado, fazendo com que o acréscimo de 1% na combinação linear dos logaritmos do Brent e do diesel provoquem um acréscimo acumulado de 0,131% (soma do impacto no momento t-1 e do impacto no momento t-3). Ainda na terceira coluna observa-se que se o óleo de palma no momento t-1 crescer 1%, isso provocará um decréscimo de 1,904% no óleo de soja.

Na quarta coluna, verificamos que se o logaritmo do biodiesel aumentar 1% no momento t-3 isso originará um decréscimo de 1,462% no óleo de colza. De realçar ainda que o óleo de palma apresenta coeficientes estatisticamente relevantes nos três desfasamentos incluídos na estimação do modelo. Caso cresça 1%, isto terá impacto acumulado negativo de 11,244% no óleo de colza. A combinação linear dos óleos de soja se variar 1% terá um impacto acumulado de 0,69% resultante da soma do impacto no momento t-1 e no momento t-2. O último coeficiente estatisticamente significativo da quarta coluna é o índice de volatilidade, onde, se este variar 1% no momento t-2, terá um impacto negativo de 0,297% no óleo de colza.

O destaque na quinta coluna vai para o biodiesel que apresenta coeficientes estatisticamente relevantes em ambos os três desfasamentos incluídos na estimação do modelo. Caso cresça 1% isto terá impacto acumulado negativo de 7,775% no Brent. A combinação linear do óleo de palma se variar 1% tem um impacto acumulado negativo de 8,065% resultante da soma do impacto no momento t-1 e no momento t-3. Uma vez mais, a combinação linear dos óleos de soja no momento t-2 revelou ter influência desta vez sobre o Brent. Se o óleo de soja crescer 1%, terá impacto positivo de 0,285% no Brent. O último coeficiente estatisticamente significativo da quinta coluna é o logaritmo do índice de volatilidade. Caso varie 1% no momento t-3 este terá um impacto negativo de 0,343% no Brent.

Por fim, na sexta coluna apenas um coeficiente demonstrou ser significativo. Se o óleo de soja desfasado um período aumentar 1% este fará aumentar o logaritmo do índice de volatilidade em 0,08%.

#### 4.6. Direção da Causalidade através do Teste de Granger

Pode divagar-se sobre a existência de algumas relações entre as variáveis através da análise dos modelos VEC. Realizou-se um teste à Causalidade de Granger para averiguar a direção dessas relações e a existência de uma relação de causalidade. O teste foi estabelecido da seguinte maneira:

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{k_1} \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{k_2} \beta_i X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (11)$$

$$X_t = \gamma_0 + \sum_{i=1}^{k_3} \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{k_4} \delta_i X_{t-i} + \mu_t \quad (12)$$

A variável Y traduz os mercados do biodiesel (lbio1, lbio2, lbio3, lbio4). A variável X representa as restantes variáveis, nomeadamente o clsoja, clcolza, clbrent, lvix, lsemso, leuaara. Os subscritos t e t-i representam valores e defasamentos, respetivamente. Os resultados do teste encontram-se na Tabela C.1; Tabela C.1.1, Tabela C.1.2 e Tabela C.1.3 presentes no anexo C.

Analisando os resultados aos testes de causalidade de Granger, verifica-se a existência de relações de causalidade de Granger unidirecionais entre a evolução do Brent (clbrent) e os quatro tipos de biodiesel estudados (lbio1, lbio2, lbio3 e lbio4) e a existência de uma relação de causalidade de Granger unidirecional entre o índice de volatilidade (lvix) e o óleo de soja (clsoja). Observa-se também uma relação unidirecional entre o óleo de soja (clsoja) e os três tipos de biodiesel (lbio2, lbio3 e lbio4), assim como uma relação unidirecional entre o frete, entre os EUA e Europa (leuaara) e o Brent (clbrent). Adicionalmente ainda existem relações unidirecionais entre o óleo de palma (lpalma), o biodiesel 4 e o índice de volatilidade (lbio4 e lvix).

Curiosamente existe uma relação unidirecional entre o óleo de soja e a semente de soja o que se estranha a direção da relação visto que a semente de soja é a matéria-prima do óleo e que o mesmo deveria reagir à sua matéria-prima admitindo deste modo que o óleo de soja pode ter uma expressão de mercado mais acentuada do que a semente de soja. Por fim ainda é possível notar nas Tabelas C.1, C.1.1, C.1.2 e C.1.3 muitas relações bidirecionais que corroboram alguns resultados obtidos anteriormente e pode indicar que na ausência de fundamentos importantes num produto, esse mesmo produto segue uma tendência de outro produto e vice-versa.

#### **4.7. Decomposição da Variância**

A decomposição da variância em termos de variáveis que caracterizam o mercado do biodiesel permite perceber o impacto que estas variáveis têm na performance do preço do biodiesel. Pretende-se então quantificar o valor de flutuação de uma série devido ao choque de outras variáveis para o horizonte temporal dado (no presente optou-se por um horizonte temporal de 10 dias tendo em conta a dinâmica de informação relevante divulgada). Adicionalmente, esta análise revela quais as variáveis cujo choque será de curto prazo ou de longo prazo. Na estimação da decomposição da variância foi utilizada a decomposição de Cholesky, para 10 períodos.

##### **4.7.1 Biodiesel 1**

Olhando para a Tabela D.1 no anexo D com a decomposição da variância do biodiesel 1, pode concluir-se que um choque nas variáveis explicativas tem influência no desenvolvimento deste tipo de biodiesel. Para um horizonte de dois dias os choques conseguem explicar 6,90% no caso de um choque no óleo de soja, 0,96% para um choque da colza, 0,37% no caso de um choque no índice de volatilidade do S&P500 e 0,32% para um choque da semente de soja.

Para um horizonte temporal mais alargado (10 dias), todas estas percentagens de flutuação aumentam, perspetivando-se que o desenvolvimento das matérias-primas terá maior impacto no biodiesel a longo prazo. Neste caso realçam-se as influências de um choque do óleo de soja (33,3%) e de um choque da colza no valor de 3,91%. Juntando as percentagens de flutuação explicadas pelo desenvolvimento do mercado da soja (clsoja e lsemso) obtém-se o valor de 35,25%, que quando comparado com a percentagem de flutuação da colza (3,91%), pode especular-se que no longo prazo, o

desenvolvimento do mercado da soja tem um maior impacto no desenvolvimento do mercado deste tipo de biodiesel do que o mercado da colza.

Em relação à complementaridade é de destacar o impacto da colza no Brent cuja percentagem de flutuação atinge os 25,45% no longo prazo (10 dias), tal como também será de realçar o impacto do óleo de soja na semente de soja (no qual a percentagem de flutuação é de 19,46%).

#### **4.7.2 Biodiesel 2**

À semelhança dos resultados obtidos para o biodiesel 1, também as percentagens de flutuação do biodiesel 2 em resposta a choques nas variáveis explicativas (Tabela D.2 no anexo D) são mais elevadas no longo prazo (10 dias) comparativamente ao curto prazo (2 dias). No curto prazo, importa apenas salientar o impacto da colza, que consegue explicar 15,27% das flutuações do biodiesel 2.

Já no longo prazo, para o biodiesel 2, é de destacar o papel do desenvolvimento do mercado do óleo de soja e colza correspondendo a uma percentagem de flutuação agregada no valor de 41,3% enquanto o impacto do desenvolvimento do Brent explica apenas 0,88% das flutuações do biodiesel 2.

Em relação à complementaridade é de destacar o impacto do óleo de soja na colza cuja percentagem de flutuação atinge os 19,74% no longo prazo (10 dias), tal como também será de realçar o impacto da arbitragem entre EUA e Europa no índice de volatilidade (no qual a percentagem de flutuação é de 10,06%).

#### **4.7.3 Biodiesel 3**

Relativamente ao mercado do biodiesel 3, a situação relativamente aos impactos de curto e longo prazo mantém-se (Tabela D.3 no anexo D), sendo que as percentagens de flutuação do biodiesel apresentam uma grandeza consideravelmente maior no longo do que no curto prazo, à semelhança do que se observa nos outros tipos de biodiesel.

No curto prazo, as percentagens de flutuação do biodiesel em resposta a choques nas variáveis que caracterizam o desenvolvimento do óleo de soja e da colza rondam entre 2,49% e 5,81%. Já no longo prazo, o impacto acumulado de um choque do óleo de soja e na colza pode originar uma percentagem de flutuação de mais de 25%, traduzindo-se este facto na hipótese de que mais de um quarto da variação do biodiesel no longo prazo pode ser explicada por choques no desenvolvimento das suas matérias-primas. Neste caso ambas as matérias-primas têm impactos igualmente elevados no crescimento do biodiesel. Também no longo prazo, é de reforçar a percentagem de flutuação no valor de 3,81% do biodiesel como resposta a choques no crescimento do Brent.

Relativamente à complementaridade entre as variáveis realça-se o impacto do logaritmo da arbitragem entre EUA e Europa no logaritmo do óleo de soja, cuja percentagem de flutuação atinge os 15,60% no longo prazo (10 dias). No mesmo patamar é de destacar também o impacto do logaritmo da colza no logaritmo do óleo de soja (no qual a percentagem de flutuação atinge 15,59%).

#### **4.7.4 Biodiesel 4**

Focando na Tabela D.4 no anexo D com a decomposição da variância do biodiesel 4, pode concluir-se que um choque nas variáveis explicativas tem influência no desenvolvimento deste tipo de biodiesel. Para um horizonte de dois dias, os choques

conseguem explicar 1,50% no caso de um choque do óleo de palma, 0,95% para um choque do óleo de soja, 0,49% no caso de um choque do índice de volatilidade do S&P500 e 0,35% para um choque do Brent. Admitindo que no curto prazo o maior destaque será para a percentagem de flutuação de 16,53% para um choque da colza.

Para um horizonte temporal mais alargado (10 dias), todas estas percentagens de flutuação aumentam, perspetivando-se que o desenvolvimento das matérias-primas terá maior impacto no biodiesel a longo prazo. Neste caso realçam-se as influências de um choque do óleo de colza (35,06%), de um choque do óleo de soja (4,61%) e de um choque do óleo de palma no valor de 2,57%.

Relativamente à complementaridade entre as variáveis realça-se o impacto do óleo de palma no óleo de soja, cuja percentagem de flutuação atinge os 27,89% no longo prazo (10 dias), tal como, é de destacar nessa mesma variável sobre a colza (com percentagem de flutuação de 19,82%). Adicionalmente, é de realçar também o impacto da colza no Brent (no qual a percentagem de flutuação atinge 16,63%).

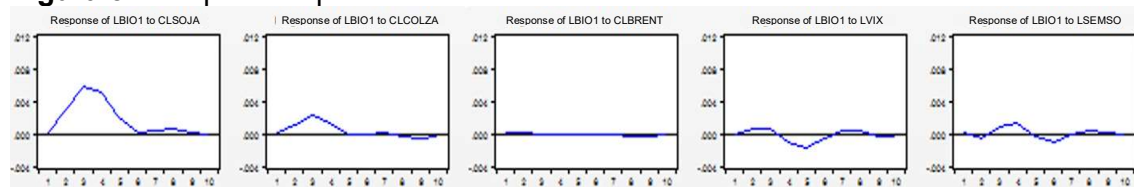
#### 4.8. Funções de Resposta Impulso

A direção dos movimentos relativos ao comportamento de uma variável com consequência de um choque numa outra variável é demonstrada pelas funções de resposta impulso. É possível afirmar que esta investigação vem complementar o Teste de Granger fornecendo mais informação relativa ao comportamento de uma determinada série do que apenas a direção da relação de causalidade (Anexo E). A análise será mais focada nas funções de resposta impulso dos mercados do biodiesel face às outras variáveis visto que este é o principal objetivo desta dissertação.

##### 4.8.1. Biodiesel 1

Um choque positivo do óleo de soja origina um impacto positivo no biodiesel no curto prazo sendo que este efeito é residual a partir do 6º dia após o choque. Por outro lado, um choque positivo da colza provoca um impacto também positivo no biodiesel que se torna residual após o 4º dia subsequente. Quanto ao impacto no biodiesel do índice de volatilidade tem-se que este apresenta com um efeito misto: entre o 3º e 5º dia com impacto negativo e nos restantes dias com efeito residual de sinal positivo. No que respeita a um choque positivo da semente de soja, o impacto verificado é positivo entre o 2º e 4º dia e com oscilações residuais nos restantes períodos. Das restantes variáveis não foi possível aferir nada devido aos valores serem residuais.

**Figura 3 - Resposta Impulso do Biodiesel 1**

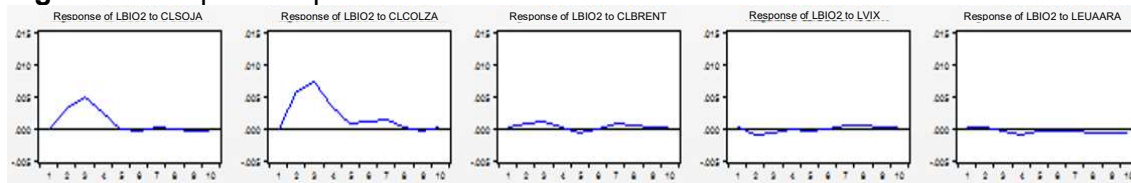


Fonte: Software Econométrico Eviews 7

##### 4.8.2 Biodiesel 2

Um choque positivo da colza origina um impacto positivo do biodiesel no curto prazo sendo que este efeito é residual a partir do 8º dia após o choque. Por outro lado, um choque positivo do óleo de soja provoca um impacto também positivo no biodiesel que se torna residual após o 5º dia subsequente. Das restantes variáveis não foi possível aferir nada devido aos valores serem residuais.

**Figura 4 - Resposta Impulso do Biodiesel 2**

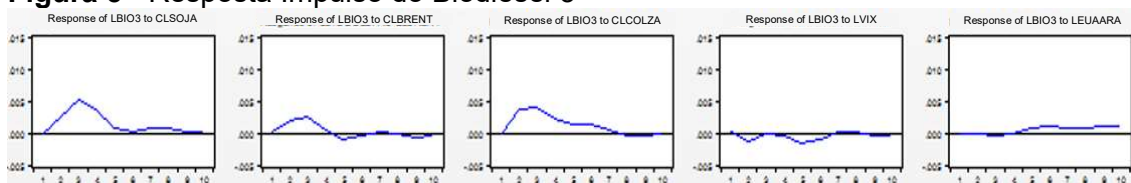


Fonte: Software Econométrico Eviews 7

#### 4.8.3. Biodiesel 3

Um choque positivo do óleo de soja origina um impacto positivo do biodiesel no curto prazo sendo que este efeito é residual a partir do 5º dia após o choque. Por outro lado, um choque positivo da colza provoca um impacto também positivo no biodiesel que se torna residual após o 7º dia subsequente. No que respeita a um choque positivo do índice de volatilidade, o impacto verificado é negativo entre o 4º e 6º dia e com oscilações residuais nos restantes períodos. Quanto ao impacto no biodiesel do Brent tem-se que este se apresenta com uma influência positiva até ao 4º dia após o choque. A arbitragem apresenta um impacto no biodiesel residualmente constante e positivo após o 5º dia, que não parece desaparecer, ou seja, que não parece estabilizar num horizonte temporal de longo prazo por não se verificar uma convergência para zero.

**Figura 5 - Resposta Impulso do Biodiesel 3**

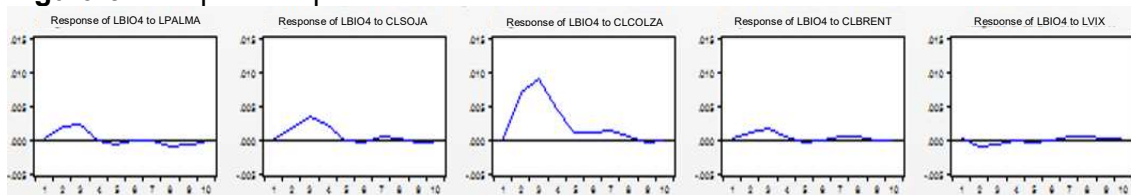


Fonte: Software Econométrico Eviews 7

#### 4.8.4 Biodiesel 4

Um choque positivo da colza origina um impacto positivo do biodiesel no curto prazo sendo que este efeito é residual a partir do 8º dia após o choque. Quanto ao impacto no biodiesel o óleo de palma tem-se que este apresenta-se com um efeito misto: até ao 3º dia com impacto negativo e nos restantes dias a oscilar o efeito residual de sinal negativo. No que respeita a um choque positivo do óleo de soja, o impacto verificado é positivo até ao 5º dia após o choque.

**Figura 6 - Resposta Impulso do Biodiesel 4**



Fonte: Software Econométrico Eviews 7



## **5. Discussão de Resultados**

### **5.1. Biodiesel 1**

Os resultados da estimação VEC para o biodiesel 1 revelaram uma influência positiva da combinação linear do Brent com Diesel na evolução do preço do biodiesel o que suporta a teoria de interdependência entre os combustíveis fósseis e combustíveis renováveis, sendo que o teste à causalidade de Granger confirma a existência e direção desta relação. Estes efeitos são concordantes com Hassouneh et al. (2012), Muller (2017) e Hafizil et al. (2017) que verificaram também a relação entre o Brent e o biodiesel.

Os resultados da estimação VEC também permitem verificar a existência de uma influência negativa do índice de volatilidade do S&P 500 num primeiro momento e uma influência positiva superior posteriormente. Neste sentido pode-se especular em termos comportamentais que num primeiro momento será caracterizado por uma hesitação na tomada de posição e no momento subsequente irá ter um impacto positivo como era esperável.

A análise à decomposição da variância também confirma um impacto positivo da combinação linear dos óleos de soja na evolução do preço do biodiesel 1. No entanto, olhando para as percentagens de flutuação, pode concluir-se que a evolução dos óleos de soja só terá efeito durante cinco dias.

Assim, e por forma a controlar, os compradores de biodiesel 1 deverão estar atentos ao preço do Brent e dos óleos de soja. Adicionalmente deverão procurar informação quanto às últimas previsões relativamente à evolução futura dos preços dos mesmos e deste modo realizar a compra no melhor momento possível.

### **5.2. Biodiesel 2**

A análise da estimação VEC para o biodiesel 2 permite aferir que a evolução da combinação linear da semente e óleo de colza influencia negativamente a evolução do biodiesel 2. À semelhança da estimação anterior, o índice de volatilidade do S&P 500 tem um impacto negativo num primeiro momento e um impacto positivo superior num segundo momento.

A evolução do biodiesel 2 é positivamente influenciada pela subida do custo do frete entre os EUA e a Europa num primeiro instante e inverte a sua influência posteriormente. Este resultado demonstrou ser bastante interessante porque espelha a dinâmica do mercado que perante a subida do custo do frete incorpora essa subida no seu custo final e posteriormente face a um preço mais elevado o interesse sobre o produto irá diminuir progressivamente. Do lado do vendedor haverá menos procura para uma oferta constante colocando os preços sob pressão e do lado do comprador irá haver o adiamento das compras ou a procura por produtos substitutos mais baratos.

A evolução da combinação linear da semente e óleo de colza parece, ainda, ser influenciado positivamente pela evolução da combinação linear dos óleos de soja. Os resultados obtidos encontram-se alinhados com a perspetiva de mercado de que na ausência de fatores diretores de preço na colza esta seguirá uma tendência forte da soja.

Os resultados alcançados com o teste de causalidade de Granger comprovam a influência negativa da evolução do preço da combinação linear da semente e óleo de colza na evolução do preço do biodiesel 2.

Atentando na análise à decomposição da variância, pode concluir-se que a combinação linear da semente e óleo de colza, comparativamente com a combinação linear dos óleos de soja, explica uma maior percentagem de flutuações do preço do biodiesel 2.

Já a análise das funções resposta impulso, permite afirmar que, após três dias, a combinação linear dos óleos de soja tem uma influência negativa crescente na combinação linear da semente e óleo de colza. Posto isto, para a evolução do biodiesel 2 devemos olhar atentamente para a evolução da colza embora nunca se deva descurar a evolução dos óleos de soja face à influência que têm na colza como foi demonstrado anteriormente.

### **5.3 Biodiesel 3**

A análise aos coeficientes obtidos com a estimação do modelo VEC permite concluir que a evolução da combinação do brent com o diesel tem um impacto positivo na evolução do biodiesel 3. A existência deste impacto era de todo expectável face à importância e dependência mundial tão elevada dos combustíveis fosseis tanto em Espanha evidenciado por Hassouneh et al. (2012) como na Malásia verificado por Muller (2017).

O teste à causalidade de Granger confirma a existência de uma relação unidirecional entre a evolução da combinação linear do brent com o diesel e o biodiesel 3, oferecendo suporte os resultados obtidos na estimação VEC.

Realizando a análise à decomposição da variância, pode concluir-se que a evolução das combinações lineares da semente com o óleo de colza e dos óleos de soja explicam uma maior percentagem de flutuações da série que caracteriza o biodiesel 3, admitindo que esta influência aumenta exponencialmente no terceiro dia.

À semelhança das análises anteriores verifica-se uma relação bidirecional entre a combinação linear dos óleos de soja com a combinação linear da semente e óleo de colza. Olhando para as funções resposta impulso, estas combinações lineares apresentam um impacto positivo imediato no biodiesel 3 quando se verifica num choque positivo. Contudo, este efeito torna-se residual após 4 dias (clsoja) e 6 dias (clcolza).

Resumidamente, este biodiesel será o que envolve o acompanhamento mais detalhado de mais variáveis. O controlo para a tomada de decisão de comprar no melhor momento possível terá de envolver a análise dos óleos de soja, da semente de colza, do óleo de colza, do brent e, por fim, do diesel.

### **5.4 Biodiesel 4**

A análise dos resultados do modelo VEC permitem aferir que a evolução do biodiesel 4 é negativamente e largamente influenciado pela subida do óleo de palma e pela combinação linear da semente com o óleo de colza. Adicionalmente, verifica-se que o índice de volatilidade do S&P 500 influencia negativamente o óleo de palma e que o óleo de palma impacta também negativamente a combinação linear da semente com o óleo de colza.

A análise ao teste de causalidade de Granger vem corroborar tudo o que foi anteriormente mencionado. O óleo de palma tem uma relação unidirecional com o biodiesel 4 e com a combinação linear da semente com o óleo de colza. A relação entre o óleo de palma e o biodiesel 4 evidencia de forma lógica a relação entre matéria-prima e produto derivado. Atentando na análise à decomposição da variância, pode concluir-se que a combinação linear da semente e óleo de colza, comparativamente com o óleo de palma, explica uma maior percentagem de flutuações do preço do biodiesel 4.

Já a análise das funções resposta impulso, permite afirmar que, após dois dias, o óleo de palma tem uma influência negativa crescente na combinação linear da semente e óleo de colza. Adicionalmente verifica-se um impacto negativo relativamente constante do índice de volatilidade do S&P 500 no óleo de palma. Este resultado das funções resposta impulso vêm corroborar os coeficientes da estimação do modelo VEC.



Deste modo, pode concluir-se que deve existir um acompanhamento regular da evolução do óleo de palma, do índice de volatilidade do S&P 500 e sem descuidar a importância da colza de maneira a determinar qual a tendência do mercado e qual o momento ideal para comprar biodiesel 4.



## 6. Conclusão

A presente dissertação investigou a relação de causalidade existente entre os diversos tipos de biodiesel e as várias matérias-primas que podem estar a impactar a evolução do preço dos mesmos, para um período entre 2 de janeiro de 2015 e 30 de dezembro de 2016, através da estimação de um modelo VEC e da análise à causalidade de Granger. As variáveis selecionadas para o presente estudo foram o biodiesel 1 (obtido a partir da mistura de óleos), biodiesel 2 (utiliza apenas o óleo de soja como matéria-prima), biodiesel 3 (produzido apenas com óleo de colza) e biodiesel 4 (obtido através da utilização de óleo de palma como única matéria-prima).

Após a análise da literatura existente, foram encontradas algumas lacunas que acabaram por nortear no objetivo da presente dissertação. . Focou-se a análise empírica para o estudo da referida relação usando séries diárias com um horizonte temporal bastante recente. Os resultados obtidos permitiram aferir que a natureza da relação existente entre o biodiesel e as matérias-primas varia conforme o tipo de biodiesel pretendido.

Para o biodiesel 1, foram encontradas evidências de uma relação unidirecional entre a combinação linear do Brent com o diesel e a evolução deste biodiesel, oferecendo suporte a uma certa dependência dos combustíveis fósseis. Neste caso, salienta-se a importância da combinação linear dos óleos de soja que tem um impacto positivo na evolução deste biodiesel. Também foram encontradas evidências que o índice de volatilidade apresenta um efeito misto na evolução do biodiesel 1.

Para o biodiesel 2, foram encontradas evidências de um impacto positivo da evolução da combinação linear dos óleos de soja na evolução da combinação linear da semente com o óleo de colza. Deste modo, ameniza a influência tão importante embora negativa da colza neste tipo de biodiesel. De realçar também a influência mista do custo do frete entre os EUA e ARA.

Já para o biodiesel 3, encontram-se evidências, à semelhança do biodiesel 1, do impacto positivo da combinação linear do Brent com o diesel no biodiesel 3. Este resultado reforça de certa maneira a dependência do biodiesel dos combustíveis fósseis. Também se encontraram evidências de fortes impactos positivos das combinações lineares dos óleos de soja e da semente com o óleo de colza. Adicionalmente, foi interessante verificar um efeito misto do custo de frete na combinação linear do Brent com o diesel.

Por outro lado, para o biodiesel 4 verificaram-se evidências de uma influência negativa do óleo de palma neste e de uma relação unidirecional entre ambos. De forma interessante é possível ver uma relação unidirecional entre o índice de volatilidade do S&P 500 e o óleo de palma na qual o índice tem um impacto negativo no óleo. Ainda assim analisa-se um forte impacto positivo da combinação da semente com o óleo de colza no biodiesel 4.

Concluindo, para o biodiesel 1 e biodiesel 3, a evolução das combinações lineares do Brent com o diesel e dos óleos de soja apresentam um papel importante para a evolução do preço destes tipos de biodiesel. Enquanto, para o biodiesel 2 e biodiesel 4, a evolução da combinação linear da semente com o óleo de colza revelou-se extremamente relevante na evolução dos preços destes tipos de biodiesel.

Por fim, importa salientar que a presente dissertação possui algumas limitações. Uma delas refere-se ao facto de não ter em linha de conta índices de produção e de stocks semanais, o que poderia ter ajudado a melhorar a qualidade dos modelos estimados. Outra possível limitação assenta no facto de se ter recorrido apenas a duas variáveis de controlo para a estimação dos modelos VEC.

Deste modo, deverão ser realizadas mais estimações nesta área, estando o seu foco direcionado para a supressão das diversas lacunas apontadas na literatura. Apenas estudos mais intensivos e complexos desta área trarão uma densa literatura para deste modo se parametrizar do melhor possível e como último objetivo criar um poderoso instrumento de apoio à tomada de decisão para as empresas do setor. Para além disso, também será importante explorar mais aprofundadamente os incentivos e as leis dos vários países Europeus na área dos biocombustíveis para convergirmos o mais rapidamente possível e até eventualmente gerar alguma sinergia com países vizinhos. Adicionalmente deveriam ser realizadas estimações similares para o biodiesel produzido a partir do óleo de girassol e acima de tudo a partir de óleos usados.

## Referências Bibliográficas

- Aleklett, K., Höök, M., Jakobsson, K., Lardelli, Snowden, S., & Soderbergh, B. (2010). The peak of the oil age. *Energy Policy* 38 (3), 1398–1414.
- Alsaman, Z. (2016). Oil Price Uncertainty and the U.S. Stock Market Analysis Based on a GARCH-in-Mean VAR Model, *Energy Economics* 59, 251-260
- Bakhtiari, A.M.S. (2004). World oil production capacity model suggests output peak by 2006–07. *Oil and Gas Journal* 16 (102), 8–19.
- Bartlett, A.A. (2000) An analysis of US and World oil production patterns using Hubbert style curves. *Mathematical Geology*, 1-17.
- Bauquis, P-B (2003). What Energies for Transportation in the 21st Century? Presentation at the ASPO 2nd International Workshop on Oil Depletion (IWOOD-2003), IFP, Paris, May 26-27.
- Beghin, J. C., Bureau, J.-C. and Gohin, A. (2017), The Impact of an EU–US Transatlantic Trade and Investment Partnership Agreement on Biofuel and Feedstock Markets. *J Agric Econ*, 68, 321–344. doi:10.1111/1477-9552.12200
- Berk, J.B. & van Binsbergen, J.H. (2015). Assessing Asset Pricing Models using Revealed Preference. *Journal of Financial Economics*.
- BGR. (2002). Reserves, resources and availability of energy minerals. The German Federal Institute for Natural Resources. Accessed on: [https://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Energie/Downloads/Energierohstoffe\\_2009\\_Teil1\\_en.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Energie/Downloads/Energierohstoffe_2009_Teil1_en.pdf?__blob=publicationFile&v=2)
- BP. (2012). Statistical Review of World Energy. *BP*, London. Accessed on: <https://www.laohamutuk.org/DVD/docs/BPOWER2012report.pdf>
- Busse, S., Brummer, B., & Ihle, R. (2012). Price formation in the German biodiesel supply chain: a Markov-switching vector error-correction modeling approach. *Agricultural Economics* 43, 1–15.
- Campbell, C.J. (2003). Industry urged to watch for regular oil production peaks, depletion signals. *Oil and Gas Journal* 27 (101), 38–45.
- Campbell, C.J. (2003). The essence of oil & gas depletion. *Multi-Science Publishing*, Essex, UK. 233–254. Accessed on: <https://www.peakoil.net/iwood2003/iwood2003.html>
- Campbell, C.J. (2005). Oil Crisis. *Multi-science Publishing Co*, Brentwood.
- CERA. (2006). Why the Peak Oil Theory Falls Down—Myths, Legends and the Future of Oil Resources. *Cambridge Energy Research Associates Inc*, Cambridge.
- CERA. (2008). No Evidence of Precipitous Fall on Horizon for World Oil Production: Global 4.5% Decline Rate Means No Near-Term Peak. *Cambridge Energy Research Associates Inc*, Cambridge.

Davis, G. (2003). Meeting future energy needs. *The Bridge National Academy of Engineering* 2 (33), 16–21.

De Almeida, P., Silva, P. (2009). The peak of oil production—timings and market recognition. *Energy Policy* 37, 1267–1276.

Debnath, D., Whistance, J., Thompson, W., Binfield, J. (2017). Complement or substitute: Ethanol's uncertain relationship with gasoline under alternative petroleum price and policy scenarios, *Applied Energy*, 385-397

Deffeyes, K.S. (2010). When Oil Peaked. *Hill and Wang*, New York.

Edwards, J.D. (1997). Crude oil and alternative energy production forecasts of the Twenty First Century: The end of the Hydrocarbon Era. *AAPG Bulletin*, 1292-1305.

Ehrlich, P.R., Ehrlich, A.H., & Holdren, J.P. (1977). EcoScience: Population, Resources, Environment. *W.H. Freeman*, San Francisco, 400-404.

EIA. (2010). International Energy Outlook 2010. *Energy Information Administration National Energy Information Center*, Washington. Accessed on: <http://large.stanford.edu/courses/2010/ph240/riley2/docs/EIA-0484-2010.pdf>

Energyfiles Ltd. (2003). The world oil supply report 2004–2050, 3rd ed. *Douglas-Westwood Ltd*.

Espinasa, R., Reyes, S.G., Horst, E., Manzano, O., Molina, G., & Rigobon, R. (2017). A Micro-Based Model for World Oil Market., *Energy Economics*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.06.019>

Frascaroli, B.F., da Silva, M.M., & Sousa, E. (2016). Restrictions for biodiesel markets growth: an analysis of transaction costs and price transmissions of soybeans from the US to Brazil. *Rivista di Economia Agraria*, Anno LXXI, 197-224.

Gambelli, D., Alberti, F., Solfanelli, F., Vairo, D., Zanolli, R. (2017). Third generation algae biofuels in Italy by 2030: A scenario analysis using Bayesian networks, In *Energy Policy*, 165-178

Gaurav, N., Sivasankari, S., Kiran, GS, Ninawe, A., Selvin, J. (2017). Utilization of bioresources for sustainable biofuels: A Review, In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 205-214

Ghoddusi, H., (2017). Price risks for biofuel producers in a deregulated market, In *Renewable Energy* (114), 394-407

Goodstein, D. (2004). Out of Gas: the End of the Age of Oil. *Norton*, New York.

Hao, H., Liu, Z., Zhao, F., Ren, J., Chang, S., Rong, K., Du, J., (2018). Biofuel for vehicle use in China: Current status, future potential and policy implications, In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 645-653

Hajjari, M., Tabatabaei, M., Aghbashlo, M., Ghanavati, H. (2017). A review on the prospects of sustainable biodiesel production: A global scenario with an emphasis on waste-oil biodiesel utilization, In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 445-464

Hassouneh, I., Serra, T., Goodwin, B.K., & Gil, J.M. (2012). Non-parametric and parametric modeling of biodiesel, sunflower oil, and crude oil price relationships. *Energy Economics* 34, 1507–1513.

Hiro, D. (2007). *Blood of the Earth*. Nation Books, New York.

Hotelling, H. (1931). The Economics of Exhaustibles Resources. *The Journal of Political Economics*, 137-175.

Hubbert, M.K. (1956). Nuclear energy and fossil fuels: API Conference, San Antonio, TX, (March 7–9, 1956). Later published as Publ. no. 95, Shell Development Co. (June 1956).

IEA. (1998). World Energy Outlook. *International Energy Agency*, Paris. Accessed on: [https://iancovic.com/wp-content/uploads/2016/04/World\\_energy\\_outlook\\_1998.pdf](https://iancovic.com/wp-content/uploads/2016/04/World_energy_outlook_1998.pdf)

IEA. (2010). World Energy Outlook 2010. *International Energy Agency*, Paris. Accessed on: [http://www.iea.org/workshop/cop/cop16/IEA\\_Day\\_WEO2010.pdf](http://www.iea.org/workshop/cop/cop16/IEA_Day_WEO2010.pdf)

Ivanhoe, L.F. (1996). Updated Hubbert Curves Analyse World Oil Supply, *World Oil*, 91-94.

Khatiwada, D., Silveira, S. (2017). Scenarios for bioethanol production in Indonesia: How can we meet mandatory blending targets?, In *Energy*, 351-361

Klare, M. (2004). *Blood and Oil: The Dangers and Consequences of Americas Growing Petroleum Dependency*. Penguin Books, London.

Koppelaar, R. (2006). Oil supply analysis 2006–2007. *Peak Oil Netherlands Foundation*, ASPO, Netherlands. Accessed on: [http://www.peakoil.nl/wp-content/uploads/2006/10/asponl\\_newsletter\\_5\\_2006.pdf](http://www.peakoil.nl/wp-content/uploads/2006/10/asponl_newsletter_5_2006.pdf)

Kristoufek, L., Janda, K., & Zilberman, D. (2012). Correlations between biofuels and related commodities before and during the food crisis: A taxonomy perspective. *Energy Economics* 34, 1380–1391.

Kyrtsou, C., Mikropoulou, C. & Papana, A. (2016). Does the S&P500 index lead the crude oil dynamics? A complexity-based approach. *Energy Economics*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.02.001>

Macalister, T. (2010). Tony Hayward: BPs straight-talking chief on evolution not revolution. *The Guardian*, February 4th. Accessed on: <https://www.theguardian.com/business/2010/feb/04/tony-hayward-bp-interview>

Magoon, L. (2000). Are we running out of oil? USGS open file 00-320; see: <http://geopubs.wr.usgs.gov/open-file/of00-320/of00-320.pdf>

- Maugeri, L. (2012). *Oil: The Next Revolution*. *Belfer Center for Science and International Affairs*, Harvard Kennedy School, Cambridge.
- Muller, L.S. (2017). Price relations in energy and agricultural commodity markets: The case of Malaysian biodiesel and palm oil. *Lund School of Economics and Management*, Lund University, July 30th. Accessed on: <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8923928&fileId=8925216>
- Nashawi, I.S., Malallah, A., & Al-Bisharah, M. (2010). Forecasting world crude oil production using multicyclic Hubbert model. *Energy Fuels* 3 (24), 1788–1800.
- Petroconsultants. (1995). *The World's Supply of Oil, 1930–2050*. *Petroconsultants*, p. 650.
- PFC Energy. (2005). *Global Oil Depletion Debate*. *Energy Institute*, London.
- Oladosu, Gbadebo. (2017). An economic evaluation of alternative biofuel deployment scenarios in the USA. *AIMS Energy*, 5(3). doi:10.3934/energy.2017.3.374
- Robelius, F. (2007). *Giant Oil Fields—The Highway to Oil: Giant Oil Fields and their Importance for Future Oil Production*. *Uppsala University*, Sweden. Accessed on: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:169774/FULLTEXT01.pdf>
- Serra, T., Zilberman, D. (2013). Biofuel-related price transmission literature: A review. *Energy Economics* 37, 141–151. Accessed on: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.02.014>
- Shell. (1979). *Energy Efficiency, Group Planning*, *Shell International Petroleum Company*, London, April, p 1.
- Shell. (2008). *Shell Energy Scenarios to 2050*. *Royal Dutch Shell PLC*, Netherlands. Accessed on: [http://energyforum.fiu.edu/outlooks/shell\\_outlook.pdf](http://energyforum.fiu.edu/outlooks/shell_outlook.pdf)
- Shell. (2011). *Signals and Signposts: Shell Energy Scenarios to 2050*. *Royal Dutch Shell PLC*, Netherlands. Accessed on: <http://www.proyectomilenio.org/documents/10156/43639/Shell+Energy+Scenarios+2050+-+Signals+%26+Singposts-.pdf?version=1.0>
- Shell. (2013). *New Lens Scenarios*. *Royal Dutch Shell PLC*, Netherlands. Accessed on: [http://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios/new-lenses-on-the-future/\\_jcr\\_content/par/relatedtopics.stream/1448477051486/08032d761ef7d81a4d3b1b6df8620c1e9a64e564a9548e1f2db02e575b00b765/scenarios-newdoc-english.pdf](http://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios/new-lenses-on-the-future/_jcr_content/par/relatedtopics.stream/1448477051486/08032d761ef7d81a4d3b1b6df8620c1e9a64e564a9548e1f2db02e575b00b765/scenarios-newdoc-english.pdf)
- Simmons, M. (2005). *Twilight in the Desert: The Coming Saudi Oil Shock and the world Economy*. *John Wiley and Sons*, New Jersey.
- Skrebowski, C. (2004). Oil field mega projects 2004. *Petroleum Review*, January, 18–20.



- Skrebowski, C. (2005). Prices holding steady, despite massive-planned capacity additions. *Petroleum Review*, April, 28–31.
- Solow, R. (1974). The Economics of Resources or the Resources of Economics. *The American Economic Review*, 1-14.
- Sorrell, S., Speirs, J., Bentley, R., Brandt, A., & Miller, R. (2009). Global Oil Depletion an Assessment of the Evidence for a Near-term Peak in Global Oil Production. *UKERC*, London.
- The Ecologist. (1972). A Blueprint for Survival. *Penguin*, London. Accessed on: <http://www.theecologist.info/key27.html>
- UK Department of Energy. (1976). Energy research and development in the United Kingdom, *Energy paper No. 11*, p 12.
- UNCTAD. (2010). Oil Prices and Maritime Freight Rates: An Empirical Investigation. United Nations Conference on Trade And Development, April 1st. Accessed on: [http://unctad.org/en/docs/dtlb20092\\_en.pdf](http://unctad.org/en/docs/dtlb20092_en.pdf)
- Walt, V. (2010). Christophe de Margerie: Big Oils Straight Talker. *Time Magazine*, January 22nd. Accessed on: [http://content.time.com/time/specials/packages/article/0,28804,1954176\\_1954175\\_1954172,00.html](http://content.time.com/time/specials/packages/article/0,28804,1954176_1954175_1954172,00.html)
- Ward, B., & Dubois, R. (1972) Only One Earth: the Care and Maintenance of a Small Planet, *Penguin Books*, UK.
- Warman, H.R. (1979). Oil Crisis ... Again?. *British Petroleum Ltd*.
- WEC. (2007). Survey of Energy Resources. *World Energy Council*, London.
- World Bank. (1981). Global Energy Prospects, *World Bank Staff Working Paper No. 489*, 37-46. <https://books.google.pt/books?id=FuEXzh48RYQC&pg=PA126&lpg=PA126&dq=Global+Energy+Prospects+world+bank+1981&source=bl&ots=vcYidBD8-&sig=iWsrRrtv1DDOdEszZQ-Gb1MZC9zl&hl=pt-PT&sa=X&ved=0ahUKEwiD2sKFooXXAhVLKMAKHyrzBtYQ6AEIMTAB#v=onepage&q=Global%20Energy%20Prospects%20world%20bank%201981&f=false>
- Wu, D., Know, R.H., & Costa, G. (2017). A constrained cluster-based approach for tracking the S&P 500 index. *International Journal of Production Economics* 193, 222-243.
- Yasin, M.H.M., Mamat, R., Najafi, G., Ali, O.M., Yusop, A.F., Ali, M.H. (2017). Potentials of palm oil as new feedstock oil for a global alternative fuel: A review, In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1034-1049

Zhou, D-T., Yu, H-Y. Yu & Li, Z-G. (2017). Effects of fluctuations in international oil prices on China's price level based on VAR model. *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*, 20:1, 125-135.

Zilberman, D., Hochman, G., Rajagopal, D., Sexton, S., & Timilsina, G., (2012). The impact of biofuels on commodity food prices: assessment of findings. *American Journal of Agricultural Economics*, 275–281, doi: <https://doi.org/10.1093/ajae/aas037>

Živković, S.B., Veljković, M.V., Banković-Ilić, I.B., Krstić, I.M., Konstantinović, S.S., Ilić, S.B., Avramović, J.M., Stamenković, O.S., Veljković, V.B. (2017). Technological, technical, economic, environmental, social, human health risk, toxicological and policy considerations of biodiesel production and use, In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 222-247.

## Anexo A

**Tabela A.1** – Estudos baseados na curva de Hubbert

Ano	Autor	Previsão
1972	ESSO	2000
1972	Ward et al	2000
1976	UK DoE	2000
1977	Ehrlich et al.	2000
1979	Shell	Próximos 25 anos
1979	Warman	1985
1981	World Bank	2000
1995	Petroconsultants, '95	2005
1996	Ivanhoe	2010
1997	Edwards	2020
1998	IEA: WEO 1998	2014
1999	Magoon (USGS)	2010
2000	Bartlett	2004 e 2019
2002	BGR (Germany)	2017
2003	P-R Bauquis	2020
2003	Campbell	2015
2003	Energyfiles Ltd.	2016
2003	Bakhtiari model.	2006-2007
2003	Davis	Depois de 2025
2003	Campbell	2010
2004	PFC Energy	2018
2004	Skrebowski	Depois de 2007
2004	Goodstein	Antes de 2010
2004	Klare	2010
2004	Bakhtiari	2006-2007
2005	Skrebowski	Depois 2010
2005	Koppelaar	2012-2017
2005	Simmons	2006
2005	Campbell	2020
2006	CERA	2035
2007	World Energy Council	2007
2007	Hiro	2006-2017
2007	Robelius	2008-2018
2008	CERA	2017
2008	Shell	2015

2009	De Almeida and Silva	2008-2012
2009	Sorrell et al.	2009-2031
2010	Macallister	Depois 2020
2010	IEA	Entre 2020 e 2035
2010	EIA	2035
2010	Nashawi	2014
2010	Walt	2010
2010	Aleklett et al.	2010
2010	Deffeyes	2005
2011	Shell	2020
2012	Maugeuri	Não existe
201	BP	O pico não será nos próximos 54 anos
2013	Shell	2040

Nota: Tabela elaborada pelo próprio através das referências mencionadas

## Anexo B

**Tabela B.1 - Estimação VEC - Biodiesel 1**

Variáveis	D(LBIO1)	D(CLSOJA)	D(CLCOLZA)	D(CLBRENT)	D(LVIX)	D(LSEMSO)
CointEq1	-0.799825	-2.804297	-3.675834	-1.369360	0.651221	0.008131
	(0.05511)	(0.94941)	(1.39080)	(1.84838)	(0.53788)	(0.08682)
	[-14.5141]	[-2.95374]	[-2.64297]	[-0.74084]	[ 1.21071]	[ 0.09365]
CointEq2	0.036589	-0.310998	-0.162470	-0.293239	-0.093759	0.001110
	(0.00356)	(0.06131)	(0.08982)	(0.11937)	(0.03474)	(0.00561)
	[ 10.2812]	[-5.07233]	[-1.80888]	[-2.45659]	[-2.69914]	[ 0.19801]
CointEq3	0.008270	-0.019757	-0.209642	0.254804	0.063893	-0.005979
	(0.00178)	(0.03058)	(0.04480)	(0.05954)	(0.01733)	(0.00280)
	[ 4.65891]	[-0.64602]	[-4.67942]	[ 4.27950]	[ 3.68761]	[-2.13792]
CointEq4	-0.000703	-0.042953	0.087214	-0.416966	0.025105	0.000931
	(0.00154)	(0.02647)	(0.03877)	(0.05153)	(0.01500)	(0.00242)
	[-0.45766]	[-1.62285]	[ 2.24935]	[-8.09179]	[ 1.67419]	[ 0.38444]
CointEq5	0.000623	-0.189511	0.324491	0.062378	-0.534757	0.003427
	(0.00549)	(0.09465)	(0.13866)	(0.18428)	(0.05362)	(0.00866)
	[ 0.11338]	[-2.00218]	[ 2.34024]	[ 0.33850]	[-9.97220]	[ 0.39587]
D(LBIO1(-1))	0.281380	1.472276	2.879544	2.137379	0.202421	0.023467
	(0.04070)	(0.70123)	(1.02724)	(1.36521)	(0.39728)	(0.06413)
	[ 6.91320]	[ 2.09956]	[ 2.80318]	[ 1.56560]	[ 0.50952]	[ 0.36595]
D(LBIO1(-2))	-0.219401	0.235053	0.964788	-0.595198	-0.260817	-0.120359
	(0.03790)	(0.65294)	(0.95650)	(1.27120)	(0.36992)	(0.05971)
	[-5.78910]	[ 0.35999]	[ 1.00866]	[-0.46822]	[-0.70506]	[-2.01568]
D(CLSOJA(-1))	-0.019006	0.052100	0.095367	0.067113	0.082184	-0.002042
	(0.00346)	(0.05966)	(0.08740)	(0.11615)	(0.03380)	(0.00546)
	[-5.48846]	[ 0.87326]	[ 1.09116]	[ 0.57779]	[ 2.43141]	[-0.37434]
D(CLSOJA(-2))	-0.012676	-0.289214	0.126875	0.287796	0.026659	0.003765
	(0.00326)	(0.05613)	(0.08223)	(0.10928)	(0.03180)	(0.00513)
	[-3.89058]	[-5.15244]	[ 1.54297]	[ 2.63353]	[ 0.83830]	[ 0.73350]
D(CLCOLZA(-1))	-0.003963	0.037596	0.073968	-0.202573	-0.061287	0.002021
	(0.00198)	(0.03409)	(0.04994)	(0.06637)	(0.01931)	(0.00312)
	[-2.00263]	[ 1.10285]	[ 1.48119]	[-3.05225]	[-3.17332]	[ 0.64813]
D(CLCOLZA(-2))	-0.000712	-0.007352	-0.372429	-0.214308	-0.024290	0.002114
	(0.00200)	(0.03447)	(0.05049)	(0.06711)	(0.01953)	(0.00315)
	[-0.35568]	[-0.21330]	[-7.37570]	[-3.19353]	[-1.24386]	[ 0.67080]
D(CLBRENT(-1))	0.001857	0.046594	-0.047398	0.277945	-0.001697	0.001451
	(0.00143)	(0.02466)	(0.03613)	(0.04801)	(0.01397)	(0.00226)
	[ 1.29714]	[ 1.88945]	[-1.31205]	[ 5.78922]	[-0.12148]	[ 0.64360]
D(CLBRENT(-2))	0.000368	0.008241	-0.107336	-0.287901	-0.038297	0.000864
	(0.00149)	(0.02560)	(0.03750)	(0.04983)	(0.01450)	(0.00234)
	[ 0.24768]	[ 0.32195]	[-2.86257]	[-5.77731]	[-2.64093]	[ 0.36912]
D(LVIX(-1))	0.006376	0.079282	-0.122542	-0.123311	0.290460	0.007021
	(0.00473)	(0.08158)	(0.11950)	(0.15882)	(0.04622)	(0.00746)
	[ 1.34661]	[ 0.97188]	[-1.02544]	[-0.77642]	[ 6.28475]	[ 0.94111]
D(LVIX(-2))	0.008374	-0.063795	-0.360594	-0.127993	-0.221071	-0.007121
	(0.00475)	(0.08182)	(0.11986)	(0.15930)	(0.04636)	(0.00748)
	[ 1.76316]	[-0.77968]	[-3.00841]	[-0.80348]	[-4.76900]	[-0.95161]
D(LSEMSO(-1))	-0.033827	1.177509	1.746318	1.288868	0.109997	0.245445
	(0.03357)	(0.57830)	(0.84716)	(1.12588)	(0.32763)	(0.05289)
	[-1.00775]	[ 2.03616]	[ 2.06138]	[ 1.14476]	[ 0.33573]	[ 4.64106]
D(LSEMSO(-2))	0.061295	-0.266910	0.001449	-0.175063	0.864059	-0.242673
	(0.03163)	(0.54491)	(0.79825)	(1.06088)	(0.30872)	(0.04983)
	[ 1.93794]	[-0.48982]	[ 0.00182]	[-0.16502]	[ 2.79885]	[-4.86978]
C	3.73E-06	-0.000936	0.000941	0.001024	0.000699	-2.17E-05
	(0.00043)	(0.00733)	(0.01074)	(0.01427)	(0.00415)	(0.00067)
	[ 0.00876]	[-0.12777]	[ 0.08767]	[ 0.07178]	[ 0.16837]	[-0.03243]

R-squared	0.575977	0.382622	0.359267	0.389888	0.403351	0.385326
Adj. R-squared	0.560991	0.360801	0.336622	0.368325	0.382264	0.363601
Sum sq. resids	0.043418	12.88742	27.65608	48.84796	4.136542	0.107779
S.E. equation	0.009501	0.163686	0.239785	0.318677	0.092736	0.014969
F-statistic	38.43369	17.53533	15.86488	18.08115	19.12761	17.73697
Log likelihood	1624.645	204.2101	13.69342	-128.2389	487.7398	1397.800
Akaike AIC	-6.439457	-0.746333	0.017261	0.586128	-1.882725	-5.530260
Schwarz SC	-6.287499	-0.594375	0.169219	0.738086	-1.730767	-5.378303
Mean dependent	1.03E-05	-0.001001	0.000262	0.000369	0.000596	-9.03E-06
S.D. dependent	0.014339	0.204735	0.294403	0.400962	0.117990	0.018764

Fonte: Software Econométrico Eviews 7. Observações incluídas: 499. Desvios Padrão em ( ) e t em [ ]. T crítico: 1,96. Determinant resid covariance (dof adj.): 1.28E-14. Determinant resid covariance: 1.02E-14. Log likelihood: 3788.883. Akaike information criterion: -14.63280. Schwarz criterion: -13.46779.

**Tabela B.2 - Estimação VEC - Biodiesel 2**

Variáveis	D(LBIO2)	D(CLSOJA)	D(CLCOLZA)	D(CLBRENT)	D(LVIX)	D(LEUAARA)
CointEq1	-0.889083 (0.05992) [-14.8391]	-1.632319 (0.83292) [-1.95976]	-2.049412 (1.16131) [-1.76474]	-1.147995 (1.58051) [-0.72634]	0.530871 (0.46228) [ 1.14838]	-0.096103 (0.32145) [-0.29896]
CointEq2	0.001011 (0.00354) [ 0.28560]	-0.398617 (0.04919) [-8.10393]	-0.003308 (0.06858) [-0.04824]	-0.220235 (0.09334) [-2.35957]	-0.062147 (0.02730) [-2.27643]	0.072346 (0.01898) [ 3.81100]
CointEq3	0.042519 (0.00365) [ 11.6420]	0.045855 (0.05077) [ 0.90317]	-0.420141 (0.07079) [-5.93516]	0.142968 (0.09634) [ 1.48397]	0.034096 (0.02818) [ 1.20999]	-0.011231 (0.01959) [-0.57318]
CointEq4	0.002066 (0.00205) [ 1.00708]	-0.026107 (0.02851) [-0.91560]	-0.000307 (0.03976) [-0.00771]	-0.461613 (0.05411) [-8.53155]	0.005979 (0.01583) [ 0.37783]	-0.037295 (0.01100) [-3.38909]
CointEq5	-0.009068 (0.00710) [-1.27781]	-0.228044 (0.09866) [-2.31145]	-0.003798 (0.13756) [-0.02761]	-0.094419 (0.18721) [-0.50434]	-0.561189 (0.05476) [-10.2488]	-0.059712 (0.03808) [-1.56824]
D(LBIO2(-1))	0.287869 (0.04324) [ 6.65806]	0.900500 (0.60105) [ 1.49820]	1.560037 (0.83803) [ 1.86156]	0.365826 (1.14053) [ 0.32075]	-0.427830 (0.33359) [-1.28250]	-0.071759 (0.23197) [-0.30935]
D(LBIO2(-2))	-0.200993 (0.03705) [-5.42560]	0.949640 (0.51499) [ 1.84400]	1.432521 (0.71803) [ 1.99507]	-0.279991 (0.97722) [-0.28652]	-0.714986 (0.28583) [-2.50148]	0.124231 (0.19875) [ 0.62505]
D(CLSOJA(-1))	-0.000303 (0.00352) [-0.08614]	0.197457 (0.04892) [ 4.03651]	0.102462 (0.06820) [ 1.50227]	0.094643 (0.09282) [ 1.01960]	0.058510 (0.02715) [ 2.15507]	-0.067651 (0.01888) [-3.58334]
D(CLSOJA(-2))	0.003648 (0.00350) [ 1.04292]	-0.227437 (0.04862) [-4.67757]	0.074617 (0.06779) [ 1.10065]	0.267899 (0.09226) [ 2.90359]	0.041986 (0.02699) [ 1.55584]	-0.028332 (0.01877) [-1.50980]
D(CLCOLZA(-1))	-0.014984 (0.00326) [-4.59417]	-0.004482 (0.04534) [-0.09886]	0.178882 (0.06322) [ 2.82968]	-0.163839 (0.08604) [-1.90431]	-0.045026 (0.02516) [-1.78928]	0.036375 (0.01750) [ 2.07874]
D(CLCOLZA(-2))	-0.013671 (0.00308) [-4.44055]	-0.053760 (0.04280) [-1.25611]	-0.288622 (0.05967) [-4.83675]	-0.157093 (0.08121) [-1.93434]	-0.008103 (0.02375) [-0.34112]	-0.006443 (0.01652) [-0.39005]
D(CLBRENT(-1))	-0.000650 (0.00185) [-0.35074]	0.035041 (0.02577) [ 1.35963]	0.005056 (0.03593) [ 0.14070]	0.307997 (0.04890) [ 6.29791]	0.008348 (0.01430) [ 0.58359]	0.003705 (0.00995) [ 0.37251]
D(CLBRENT(-2))	0.000744 (0.00190) [ 0.39087]	-0.002802 (0.02647) [-0.10584]	-0.069085 (0.03691) [-1.87180]	-0.268033 (0.05023) [-5.33601]	-0.024247 (0.01469) [-1.65032]	0.006682 (0.01022) [ 0.65400]
D(LVIX(-1))	-0.003568 (0.00594) [-0.60076]	0.066685 (0.08255) [ 0.80776]	0.024765 (0.11510) [ 0.21516]	-0.050097 (0.15665) [-0.31980]	0.302754 (0.04582) [ 6.60763]	0.008291 (0.03186) [ 0.26021]
D(LVIX(-2))	0.003384 (0.00598) [ 0.56633]	-0.031504 (0.08307) [-0.37923]	-0.176592 (0.11583) [-1.52462]	-0.041805 (0.15764) [-0.26520]	-0.219429 (0.04611) [-4.75914]	0.017849 (0.03206) [ 0.55671]
D(LEUAARA(-1))	0.002954 (0.00761) [ 0.38797]	-0.027528 (0.10584) [-0.26010]	-0.030739 (0.14757) [-0.20831]	-0.130818 (0.20083) [-0.65137]	0.069853 (0.05874) [ 1.18916]	0.395745 (0.04085) [ 9.68850]
D(LEUAARA(-2))	-0.002675 (0.00801) [-0.33409]	-0.243075 (0.11131) [-2.18385]	0.165187 (0.15519) [ 1.06442]	0.217894 (0.21121) [ 1.03165]	0.058554 (0.06178) [ 0.94784]	-0.337447 (0.04296) [-7.85545]
C	4.29E-05 (0.00054) [ 0.07976]	-0.000730 (0.00747) [-0.09774]	0.000646 (0.01042) [ 0.06199]	0.000831 (0.01417) [ 0.05860]	0.000515 (0.00415) [ 0.12423]	3.08E-05 (0.00288) [ 0.01067]

R-squared	0.600680	0.358531	0.396931	0.397796	0.405054	0.314625
Adj. R-squared	0.586567	0.335860	0.375617	0.376512	0.384027	0.290402
Sum sq. resids	0.069288	13.39030	26.03040	48.21480	4.124738	1.994451
S.E. equation	0.012002	0.166849	0.232631	0.316605	0.092603	0.064393
F-statistic	42.56158	15.81420	18.62275	18.69015	19.26332	12.98856
Log likelihood	1508.031	194.6596	28.80829	-124.9838	488.4528	669.7479
Akaike AIC	-5.972069	-0.708054	-0.043320	0.573081	-1.885582	-2.612216
Schwarz SC	-5.820111	-0.556097	0.108638	0.725039	-1.733624	-2.460258
Mean dependent	2.54E-05	-0.001001	0.000262	0.000369	0.000596	5.85E-05
S.D. dependent	0.018666	0.204735	0.294403	0.400962	0.117990	0.076442

Fonte: Software Econométrico Eviews 7. Observações incluídas: 499. Desvios Padrão em ( ) e t em [ ]. T crítico: 1,96. Determinant resid covariance (dof adj.): 4.52E-13. Determinant resid covariance: 3.62E-13. Log likelihood: 2898.837. Akaike information criterion: -11.06548. Schwarz criterion: -9.900469.



**Tabela B.3 - Estimação VEC - Biodiesel 3**

Variáveis	D(LBIO3)	D(CLSOJA)	D(CLBRENT)	D(CLCOLZA)	D(LVIX)	D(LEUAARA)
CointEq1	-0.711388	-0.700749	-1.696136	-2.708171	0.419008	0.304375
	(0.05703)	(0.74393)	(1.40415)	(1.02633)	(0.41138)	(0.28814)
	[-12.4741]	[-0.94196]	[-1.20795]	[-2.63868]	[ 1.01855]	[ 1.05633]
CointEq2	0.009650	-0.409373	-0.162959	0.075815	-0.051129	0.063236
	(0.00402)	(0.05250)	(0.09910)	(0.07243)	(0.02903)	(0.02034)
	[ 2.39766]	[-7.79729]	[-1.64445]	[ 1.04670]	[-1.76110]	[ 3.10961]
CointEq3	-0.000390	-0.028056	-0.470363	-0.015682	0.003750	-0.038052
	(0.00221)	(0.02881)	(0.05437)	(0.03974)	(0.01593)	(0.01116)
	[-0.17661]	[-0.97396]	[-8.65108]	[-0.39460]	[ 0.23541]	[-3.41047]
CointEq4	0.027032	0.023070	0.108068	-0.452804	0.032946	-0.010684
	(0.00354)	(0.04621)	(0.08722)	(0.06375)	(0.02555)	(0.01790)
	[ 7.63071]	[ 0.49923]	[ 1.23898]	[-7.10233]	[ 1.28925]	[-0.59689]
CointEq5	-0.013384	-0.220605	-0.151767	-0.078658	-0.565202	-0.045325
	(0.00772)	(0.10065)	(0.18998)	(0.13886)	(0.05566)	(0.03899)
	[-1.73458]	[-2.19177]	[-0.79887]	[-0.56645]	[-10.1549]	[-1.16262]
D(LBIO3(-1))	0.209377	0.411147	0.619168	1.501969	-0.406143	-0.213450
	(0.04465)	(0.58243)	(1.09933)	(0.80353)	(0.32207)	(0.22559)
	[ 4.68939]	[ 0.70591]	[ 0.56322]	[ 1.86921]	[-1.26103]	[-0.94618]
D(LBIO3(-2))	-0.212541	0.688168	0.055518	2.313657	-0.662223	0.030358
	(0.03954)	(0.51579)	(0.97354)	(0.71159)	(0.28522)	(0.19978)
	[-5.37531]	[ 1.33421]	[ 0.05703]	[ 3.25139]	[-2.32180]	[ 0.15196]
D(CLSOJA(-1))	-0.007736	0.202301	0.058346	0.059448	0.052307	-0.063093
	(0.00384)	(0.05009)	(0.09454)	(0.06910)	(0.02770)	(0.01940)
	[-2.01478]	[ 4.03905]	[ 0.61718]	[ 0.86031]	[ 1.88858]	[-3.25226]
D(CLSOJA(-2))	0.003744	-0.220271	0.227299	0.032070	0.032731	-0.022048
	(0.00381)	(0.04971)	(0.09383)	(0.06858)	(0.02749)	(0.01925)
	[ 0.98246]	[-4.43105]	[ 2.42249]	[ 0.46761]	[ 1.19070]	[-1.14506]
D(CLBRENT(-1))	0.001673	0.035653	0.310387	0.010995	0.009675	0.004066
	(0.00199)	(0.02599)	(0.04905)	(0.03586)	(0.01437)	(0.01007)
	[ 0.83996]	[ 1.37185]	[ 6.32746]	[ 0.30664]	[ 0.67323]	[ 0.40393]
D(CLBRENT(-2))	0.004046	-0.003056	-0.262706	-0.063824	-0.022145	0.006689
	(0.00204)	(0.02665)	(0.05030)	(0.03677)	(0.01474)	(0.01032)
	[ 1.98072]	[-0.11466]	[-5.22277]	[-1.73595]	[-1.50272]	[ 0.64804]
D(CLCOLZA(-1))	-0.006940	0.020879	-0.143605	0.203117	-0.046365	0.040977
	(0.00315)	(0.04107)	(0.07752)	(0.05666)	(0.02271)	(0.01591)
	[-2.20448]	[ 0.50839]	[-1.85261]	[ 3.58495]	[-2.04163]	[ 2.57609]
D(CLCOLZA(-2))	-0.011249	-0.037302	-0.140512	-0.267625	-0.007021	-0.006640
	(0.00308)	(0.04012)	(0.07573)	(0.05535)	(0.02219)	(0.01554)
	[-3.65714]	[-0.92967]	[-1.85540]	[-4.83473]	[-0.31645]	[-0.42724]
D(LVIX(-1))	-0.001680	0.061208	-0.028699	0.068280	0.301525	-0.000152
	(0.00640)	(0.08352)	(0.15764)	(0.11522)	(0.04618)	(0.03235)
	[-0.26243]	[ 0.73287]	[-0.18205]	[ 0.59258]	[ 6.52878]	[-0.00470]
D(LVIX(-2))	0.014335	-0.031458	-0.023423	-0.130845	-0.222420	0.014512
	(0.00642)	(0.08375)	(0.15807)	(0.11554)	(0.04631)	(0.03244)
	[ 2.23284]	[-0.37563]	[-0.14818]	[-1.13250]	[-4.80288]	[ 0.44738]
D(LEUAARA(-1))	-0.002738	-0.046980	-0.116218	-0.065887	0.070757	0.377540
	(0.00808)	(0.10542)	(0.19898)	(0.14544)	(0.05829)	(0.04083)
	[-0.33879]	[-0.44565]	[-0.58408]	[-0.45302]	[ 1.21378]	[ 9.24626]
D(LEUAARA(-2))	-0.006861	-0.261170	0.195127	0.083615	0.043020	-0.360451
	(0.00839)	(0.10945)	(0.20658)	(0.15100)	(0.06052)	(0.04239)
	[-0.81774]	[-2.38625]	[ 0.94455]	[ 0.55375]	[ 0.71080]	[-8.50273]
C	1.94E-05	-0.000773	0.000794	0.000535	0.000540	4.30E-05
	(0.00057)	(0.00749)	(0.01414)	(0.01033)	(0.00414)	(0.00290)
	[ 0.03387]	[-0.10315]	[ 0.05618]	[ 0.05179]	[ 0.13041]	[ 0.01481]

R-squared	0.520667	0.354896	0.400799	0.406189	0.406059	0.305762
Adj. R-squared	0.503726	0.332096	0.379622	0.385202	0.385067	0.281225
Sum sq. resids	0.079137	13.46618	47.97432	25.63078	4.117768	2.020243
S.E. equation	0.012827	0.167321	0.315814	0.230839	0.092525	0.064808
F-statistic	30.73402	15.56564	18.92566	19.35424	19.34382	12.46150
Log likelihood	1474.869	193.2496	-123.7363	32.66825	488.8747	666.5420
Akaike AIC	-5.839156	-0.702403	0.568081	-0.058791	-1.887273	-2.599367
Schwarz SC	-5.687198	-0.550446	0.720039	0.093167	-1.735316	-2.447409
Mean dependent	1.40E-05	-0.001001	0.000369	0.000262	0.000596	5.85E-05
S.D. dependent	0.018208	0.204735	0.400962	0.294403	0.117990	0.076442

Fonte: Software Econométrico Eviews 7. Observações incluídas: 499. Desvios Padrão em ( ) e t em [ ]. T crítico: 1,96. Determinant resid covariance (dof adj.): 5.11E-13. Determinant resid covariance: 4.10E-13. Log likelihood: 2868.177. Akaike information criterion: -10.94259. Schwarz criterion: -9.777583

**Tabela B.4 - Estimação VEC - Biodiesel 4**

Variáveis	D(LBIO4)	D(LPALMA)	D(CLSOJA)	D(CLCOLZA)	D(CLBRENT)	D(LVIX)
CointEq1	-0.946164 (0.06854) [-13.8054]	0.018661 (0.07892) [ 0.23647]	-0.261688 (0.83767) [-0.31240]	1.135974 (1.24192) [ 0.91469]	2.739339 (1.64819) [ 1.66202]	0.249485 (0.46838) [ 0.53266]
CointEq2	0.156205 (0.04985) [ 3.13333]	-0.308794 (0.05740) [-5.37928]	2.482497 (0.60932) [ 4.07421]	5.192743 (0.90337) [ 5.74818]	3.437646 (1.19889) [ 2.86736]	0.248673 (0.34070) [ 0.72989]
CointEq3	-0.018535 (0.00548) [-3.38455]	-0.015637 (0.00631) [-2.47968]	-0.737902 (0.06693) [-11.0243]	-0.352122 (0.09924) [-3.54832]	-0.271925 (0.13170) [-2.06474]	-0.067537 (0.03743) [-1.80454]
CointEq4	0.053665 (0.00475) [ 11.3006]	0.015051 (0.00547) [ 2.75254]	0.100322 (0.05804) [ 1.72844]	-0.363067 (0.08605) [-4.21913]	0.132689 (0.11420) [ 1.16187]	0.052183 (0.03245) [ 1.60791]
CointEq5	0.005486 (0.00253) [ 2.16834]	0.006512 (0.00291) [ 2.23533]	-0.027363 (0.03092) [-0.88482]	0.042188 (0.04585) [ 0.92016]	-0.482885 (0.06085) [-7.93612]	-0.003342 (0.01729) [-0.19329]
D(LBIO4(-1))	0.415927 (0.05723) [ 7.26784]	-0.077649 (0.06590) [-1.17833]	-0.379110 (0.69947) [-0.54200]	-1.516308 (1.03702) [-1.46217]	-3.269711 (1.37626) [-2.37579]	-0.252656 (0.39110) [-0.64601]
D(LBIO4(-2))	-0.164496 (0.04275) [-3.84809]	-0.112894 (0.04922) [-2.29354]	-0.276645 (0.52248) [-0.52949]	-0.893566 (0.77462) [-1.15356]	-2.389717 (1.02802) [-2.32459]	-0.385065 (0.29214) [-1.31809]
D(LBIO4(-3))	0.156024 (0.03706) [ 4.21048]	-0.028453 (0.04267) [-0.66684]	-0.125606 (0.45291) [-0.27733]	-1.461791 (0.67148) [-2.17696]	-2.014771 (0.89115) [-2.26088]	-0.193480 (0.25324) [-0.76401]
D(LPALMA(-1))	-0.038280 (0.05413) [-0.70723]	-0.110677 (0.06233) [-1.77580]	-1.903506 (0.66155) [-2.87733]	-5.566108 (0.98081) [-5.67499]	-4.624031 (1.30167) [-3.55239]	-0.364668 (0.36990) [-0.98584]
D(LPALMA(-2))	-0.034637 (0.04682) [-0.73977]	-0.308523 (0.05391) [-5.72253]	-0.834119 (0.57227) [-1.45756]	-2.788682 (0.84844) [-3.28683]	-2.107954 (1.12599) [-1.87209]	0.054819 (0.31998) [ 0.17132]
D(LPALMA(-3))	-0.011543 (0.04436) [-0.26022]	0.079476 (0.05108) [ 1.55602]	0.160690 (0.54215) [ 0.29639]	-2.278267 (0.80379) [-2.83442]	-3.441149 (1.06673) [-3.22589]	0.000432 (0.30314) [ 0.00142]
D(CLSOJA(-1))	0.008013 (0.00554) [ 1.44679]	0.024179 (0.00638) [ 3.79150]	0.483497 (0.06769) [ 7.14271]	0.443002 (0.10036) [ 4.41422]	0.187017 (0.13319) [ 1.40416]	0.080080 (0.03785) [ 2.11576]
D(CLSOJA(-2))	0.010441 (0.00465) [ 2.24661]	0.011973 (0.00535) [ 2.23732]	-0.086974 (0.05680) [-1.53116]	0.247330 (0.08421) [ 2.93689]	0.285418 (0.11176) [ 2.55375]	0.040402 (0.03176) [ 1.27207]
D(CLSOJA(-3))	-0.002721 (0.00458) [-0.59409]	0.005315 (0.00527) [ 1.00776]	0.180774 (0.05598) [ 3.22934]	0.158904 (0.08299) [ 1.91466]	0.033114 (0.11014) [ 0.30064]	0.007591 (0.03130) [ 0.24252]
D(CLCOLZA(-1))	-0.022275 (0.00490) [-4.54888]	-0.011794 (0.00564) [-2.09174]	-0.018158 (0.05985) [-0.30339]	0.233584 (0.08873) [ 2.63239]	-0.070775 (0.11776) [-0.60100]	-0.056884 (0.03347) [-1.69978]
D(CLCOLZA(-2))	-0.017729 (0.00381) [-4.65629]	-0.005872 (0.00438) [-1.33926]	-0.060879 (0.04654) [-1.30819]	-0.295687 (0.06899) [-4.28564]	-0.112650 (0.09156) [-1.23028]	-0.024970 (0.02602) [-0.95961]
D(CLCOLZA(-3))	-0.002417 (0.00353) [-0.68385]	-0.003169 (0.00407) [-0.77880]	0.018732 (0.04319) [ 0.43368]	0.142381 (0.06404) [ 2.22338]	0.101407 (0.08499) [ 1.19322]	-0.018031 (0.02415) [-0.74657]
D(CLBRENT(-1))	-0.002781 (0.00259) [-1.07262]	0.003514 (0.00299) [ 1.17684]	0.073778 (0.03169) [ 2.32796]	0.015508 (0.04699) [ 0.33005]	0.396137 (0.06236) [ 6.35273]	0.014898 (0.01772) [ 0.84070]
D(CLBRENT(-2))	-0.001082 (0.00216)	-0.005313 (0.00248)	0.003414 (0.02635)	-0.073541 (0.03906)	-0.263966 (0.05184)	-0.017685 (0.01473)

	[-0.50201]	[-2.14056]	[ 0.12956]	[-1.88267]	[-5.09188]	[-1.20043]
D(CLBRENT(-3))	-0.000883	0.004394	0.057265	0.039074	0.143767	0.006230
	(0.00221)	(0.00254)	(0.02697)	(0.03999)	(0.05307)	(0.01508)
	[-0.40024]	[ 1.72939]	[ 2.12328]	[ 0.97721]	[ 2.70919]	[ 0.41310]
D(LVIX(-1))	0.002893	-0.026207	-0.007411	-0.107540	-0.357576	0.517720
	(0.00835)	(0.00961)	(0.10206)	(0.15131)	(0.20080)	(0.05706)
	[ 0.34643]	[-2.72572]	[-0.07261]	[-0.71074]	[-1.78073]	[ 0.07263]
D(LVIX(-2))	0.005430	-0.028017	-0.123351	-0.296683	-0.229326	-0.134921
	(0.00683)	(0.00786)	(0.08342)	(0.12368)	(0.16414)	(0.04665)
	[ 0.79549]	[-3.56474]	[-1.47860]	[-2.39872]	[-1.39710]	[-2.89244]
D(LVIX(-3))	0.010255	-0.020308	0.015169	0.011163	-0.343181	0.275036
	(0.00679)	(0.00782)	(0.08302)	(0.12308)	(0.16335)	(0.04642)
	[ 1.50982]	[-2.59649]	[ 0.18272]	[ 0.09069]	[-2.10096]	[ 5.92507]
C	6.88E-05	-2.23E-05	-0.000871	0.000308	0.000515	0.000175
	(0.00059)	(0.00068)	(0.00721)	(0.01069)	(0.01418)	(0.00403)
	[ 0.11658]	[-0.03281]	[-0.12079]	[ 0.02886]	[ 0.03627]	[ 0.04338]
R-squared	0.625458	0.373808	0.412577	0.375553	0.406979	0.445889
Adj. R-squared	0.607284	0.343423	0.384074	0.345252	0.378204	0.419002
Sum sq. resids	0.082082	0.108832	12.26190	26.95257	47.47079	3.833601
S.E. equation	0.013159	0.015153	0.160838	0.238457	0.316464	0.089932
F-statistic	34.41503	12.30244	14.47455	12.39440	14.14338	16.58365
Log likelihood	1462.317	1392.078	215.6903	19.58245	-121.3605	505.2007
Akaike AIC	-5.776374	-5.494288	-0.769840	0.017741	0.583777	-1.932533
Schwarz SC	-5.573454	-5.291368	-0.566920	0.220662	0.786698	-1.729612
Mean dependent	4.81E-05	-4.32E-05	-0.000963	0.000323	0.000612	0.000354
S.D. dependent	0.020999	0.018700	0.204939	0.294696	0.401329	0.117985

Fonte: Software Econométrico Eviews 7. Observações incluídas: 499. Desvios Padrão em ( ) e t em [ ]. T crítico: 1,96. Determinant resid covariance (dof adj.): 2.01E-14. Determinant resid covariance: 1.49E-14. Log likelihood: 3687.001. Akaike information criterion: -14.10844. Schwarz criterion: -12.63726.

## Anexo C

**Tabela C.1 - Resultados do Teste à Causalidade de Granger**

clsoja	causa	lbio1			
lbio1	causa	clsoja			
clcolza	causa	lbio1			
lbio1	causa	clcolza			
clbrent	causa	lbio1	clbrent	→	lbio1
lbio1	causa	clbrent			
lvix	causa	lbio1	lvix	→	lbio1
lbio1	causa	lvix			
lsemso	causa	lbio1			
lbio1	causa	lsemso			
clcolza	causa	clsoja	clcolza	↔	clsoja
clsoja	causa	clcolza			
clbrent	causa	clsoja	clbrent	↔	clsoja
clsoja	causa	clbrent			
lvix	causa	clsoja	lvix	→	clsoja
clsoja	causa	lvix			
lsemso	causa	clsoja	clsoja	→	lsemso
clsoja	causa	lsemso			
clbrent	causa	clcolza	clbrent	↔	clcolza
clcolza	causa	clbrent			
lvix	causa	clcolza	lvix	↔	clcolza
clcolza	causa	lvix			
lsemso	causa	clcolza	lsemso	↔	clcolza
clcolza	causa	lsemso			
lvix	causa	clbrent	lvix	↔	clbrent
clbrent	causa	lvix			
lsemso	causa	clbrent	lsemso	↔	clbrent
clbrent	causa	lsemso			
lsemso	causa	lvix	lsemso	↔	lvix
lvix	causa	lsemso			

Fonte: Elaboração própria (com recurso aos resultados obtidos com o software econométrico Eviews)

**Tabela C.1.1 - Resultados do Teste à Causalidade de Granger**

clsoja	causa	lbio2	clsoja → lbio2
lbio2	causa	clsoja	
clcolza	causa	lbio2	clcolza → lbio2
lbio2	causa	clcolza	
clbrent	causa	lbio2	clbrent → lbio2
lbio2	causa	clbrent	
lvix	causa	lbio2	lbio2 ↔ lvix
lbio2	causa	lvix	
leuaara	causa	lbio2	lbio2 ↔ leuaara
lbio2	causa	leuaara	
clcolza	causa	clsoja	clcolza ↔ clsoja
clsoja	causa	clcolza	
clbrent	causa	clsoja	
clsoja	causa	clbrent	
lvix	causa	clsoja	lvix → clsoja
clsoja	causa	lvix	
leuaara	causa	clsoja	clsoja ↔ leuaara
clsoja	causa	leuaara	
clbrent	causa	clcolza	clbrent ↔ clcolza
clcolza	causa	clbrent	
lvix	causa	clcolza	lvix ↔ clcolza
clcolza	causa	lvix	
leuaara	causa	clcolza	leuaara ↔ clcolza
clcolza	causa	leuaara	
lvix	causa	clbrent	lvix ↔ clbrent
clbrent	causa	lvix	
leuaara	causa	clbrent	leuaara → clbrent
clbrent	causa	leuaara	
leuaara	causa	lvix	leuaara ↔ lvix
lvix	causa	leuaara	

Fonte: Elaboração própria (com recurso aos resultados obtidos com o software econométrico Eviews)

**Tabela C.1.2 - Resultados do Teste à Causalidade de Granger**

clsoja	causa	lbio3	clsoja → lbio3
lbio3	causa	clsoja	
clbrent	causa	lbio3	clcolza → lbio3
lbio3	causa	clbrent	
clcolza	causa	lbio3	clbrent → lbio3
lbio3	causa	clcolza	
lvix	causa	lbio3	lbio3 ↔ lvix
lbio3	causa	lvix	
leuaara	causa	lbio3	lbio3 ↔ leuaara
lbio3	causa	leuaara	
clcolza	causa	clsoja	clcolza ↔ clsoja
clsoja	causa	clcolza	
clbrent	causa	clsoja	
clsoja	causa	clbrent	
lvix	causa	clsoja	lvix → clsoja
clsoja	causa	lvix	
leuaara	causa	clsoja	clsoja ↔ leuaara
clsoja	causa	leuaara	
clbrent	causa	clcolza	clbrent ↔ clcolza
clcolza	causa	clbrent	
lvix	causa	clcolza	lvix ↔ clcolza
clcolza	causa	lvix	
leuaara	causa	clcolza	leuaara ↔ clcolza
clcolza	causa	leuaara	
lvix	causa	clbrent	lvix ↔ clbrent
clbrent	causa	lvix	
leuaara	causa	clbrent	leuaara → clbrent
clbrent	causa	leuaara	
leuaara	causa	lvix	leuaara ↔ lvix
lvix	causa	leuaara	

Fonte: Elaboração própria (com recurso aos resultados obtidos com o software econométrico Eviews)

**Tabela C.1.3 - Resultados do Teste à Causalidade de Granger**

lpalma	causa	lbio4	lpalma → lbio4
lbio4	causa	lpalma	
clsoja	causa	lbio4	clsoja → lbio4
lbio4	causa	clsoja	
clcolza	causa	lbio4	
lbio4	causa	clcolza	
clbrent	causa	lbio4	clbrent → lbio4
lbio4	causa	clbrent	
lvix	causa	lbio4	lvix ↔ lbio4
lbio4	causa	lvix	
clsoja	causa	lpalma	clsoja → lpalma
lpalma	causa	clsoja	
clcolza	causa	lpalma	lpalma ↔ clcolza
lpalma	causa	clcolza	
clbrent	causa	lpalma	clbrent → lpalma
lpalma	causa	clbrent	
lvix	causa	lpalma	lvix → lpalma
lpalma	causa	lvix	
clcolza	causa	clsoja	clcolza ↔ clsoja
clsoja	causa	clcolza	
clbrent	causa	clsoja	clsoja ↔ clbrent
clsoja	causa	clbrent	
lvix	causa	clsoja	lvix → clsoja
clsoja	causa	lvix	
clbrent	causa	clcolza	clbrent ↔ clcolza
clcolza	causa	clbrent	
lvix	causa	clcolza	clcolza ↔ lvix
clcolza	causa	lvix	
lvix	causa	clbrent	clbrent ↔ lvix
clbrent	causa	lvix	

Fonte: Elaboração própria (com recurso aos resultados obtidos com o software econométrico Eviews)



## Anexo D

**Tabela D.1 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Biodiesel 1**

t	S.E.	LBIO1	CLSOJA	CLCOLZA	CLBRENT	LVIX	LSEMSO
1	0.009501	100.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.011302	91.43877	6.903873	0.961751	0.002502	0.368124	0.324978
3	0.013060	70.62459	24.50042	3.609589	0.003310	0.542569	0.719523
4	0.014240	60.86227	32.95016	3.876086	0.019321	0.919953	1.372207
5	0.014493	58.77013	33.64641	3.743718	0.038792	2.418964	1.381992
6	0.014547	58.37441	33.41108	3.726673	0.047230	2.604023	1.836590
7	0.014582	58.38424	33.32267	3.709818	0.056791	2.690437	1.836045
8	0.014615	58.14690	33.38567	3.741235	0.084597	2.711629	1.929970
9	0.014633	58.00462	33.32869	3.868000	0.113812	2.738230	1.946644
10	0.014642	57.95289	33.30019	3.911760	0.121593	2.764528	1.949031

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.1.1 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Óleo de Soja**

t	S.E.	LBIO1	CLSOJA	CLCOLZA	CLBRENT	LVIX	LSEMSO
1	0.163686	0.999725	99.00028	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.212878	0.603533	98.01097	0.030424	0.099386	0.320560	0.935126
3	0.219909	2.510333	94.03634	0.296351	0.094197	1.852414	1.210365
4	0.225326	4.053691	89.65600	1.741513	0.463893	2.787982	1.296917
5	0.228382	4.043463	87.88852	3.035272	0.844752	2.815025	1.372969
6	0.230115	3.989822	86.89499	4.013705	0.911614	2.778553	1.411312
7	0.232095	3.973044	85.46493	5.260646	0.962858	2.803527	1.535000
8	0.234489	4.037664	83.81514	6.582322	1.109634	2.921019	1.534216
9	0.236414	3.997741	82.59953	7.619425	1.233747	3.036192	1.513368
10	0.238027	3.943847	81.57387	8.562291	1.291868	3.124110	1.504012

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.1.2 - Decomposição da Variância do Logaritmo da Colza**

t	S.E.	LBIO1	CLSOJA	CLCOLZA	CLBRENT	LVIX	LSEMSO
1	0.239785	2.067861	13.55040	84.38174	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.320942	1.679213	13.35362	84.34494	0.062416	0.228348	0.331471
3	0.328577	1.824102	12.88189	84.60968	0.063916	0.283248	0.337169
4	0.336652	2.417305	12.70966	83.56869	0.121486	0.533547	0.649314
5	0.356876	2.151139	12.02594	82.69650	0.661338	1.613442	0.851640
6	0.374684	2.261619	11.77211	81.38238	1.170729	2.601349	0.811818
7	0.384908	2.225432	12.09535	80.42114	1.328347	3.136494	0.793230
8	0.396059	2.103649	12.26690	79.76508	1.472934	3.571755	0.819683
9	0.410282	2.017457	12.20298	79.14918	1.797654	3.976681	0.856041
10	0.423246	2.050134	12.21929	78.43456	2.126242	4.285942	0.883827

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.1.3 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Brent**

t	S.E.	LBIO1	CLSOJA	CLCOLZA	CLBRENT	LVIX	LSEMSO
1	0.318677	0.191409	6.291283	10.38261	83.13470	0.000000	0.000000
2	0.422113	0.250846	4.668124	11.48516	83.46591	0.026901	0.103058
3	0.427001	0.318626	4.562954	11.86409	83.11557	0.036264	0.102492
4	0.431830	0.458266	4.632617	13.10534	81.42957	0.129677	0.244534
5	0.445469	0.492718	4.822141	17.06518	76.92101	0.423273	0.275677
6	0.458574	0.705878	5.154703	19.42628	73.80334	0.646644	0.263158
7	0.464694	0.711578	5.382121	20.51058	72.24783	0.877110	0.270783
8	0.471269	0.691882	5.475664	21.97783	70.35181	1.203527	0.299291
9	0.480361	0.708458	5.620567	23.93303	67.91938	1.496238	0.322330
10	0.488866	0.773012	5.880880	25.45378	65.84632	1.699481	0.346528

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.1.4 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Índice de Volatilidade do S&P500**

t	S.E.	L BIO1	CLSOJA	CLCOLZA	CLBRENT	LVIX	LSEMSO
1	0.092736	1.870815	0.238936	0.474042	9.554137	87.86207	0.000000
2	0.117035	3.596469	0.412035	0.738753	7.754704	87.28863	0.209407
3	0.118020	3.901541	0.613081	1.596198	7.635853	86.02832	0.225011
4	0.120330	3.754388	0.918452	4.540594	7.408986	83.15979	0.217787
5	0.123873	3.609098	1.140665	8.186675	7.251450	78.97704	0.835070
6	0.126688	3.693574	1.222130	9.934528	7.233699	76.62157	1.294495
7	0.127979	3.674508	1.317313	11.12043	7.201729	75.39877	1.287248
8	0.129578	3.584359	1.459353	12.91308	7.103190	73.68372	1.256302
9	0.131690	3.478365	1.633340	15.00237	7.047342	71.56148	1.277109
10	0.133573	3.428105	1.855503	16.51320	7.059210	69.80921	1.334771

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.1.5 - Decomposição da Variância do Logaritmo da Semente de Soja**

t	S.E.	L BIO1	CLSOJA	CLCOLZA	CLBRENT	LVIX	LSEMSO
1	0.014969	0.226417	20.71511	0.002343	1.127005	1.106929	76.82220
2	0.018248	0.163226	19.93042	0.079495	1.450381	0.757749	77.61873
3	0.018328	0.425786	19.83455	0.348219	1.700545	0.751624	76.93927
4	0.018428	0.528117	19.72787	0.762746	1.683214	0.878252	76.41980
5	0.018540	0.673694	19.54207	1.174206	1.722170	0.920926	75.96694
6	0.018616	0.817276	19.38406	1.371935	1.724571	0.939889	75.76227
7	0.018639	0.818801	19.45103	1.461104	1.720817	0.951906	75.59635
8	0.018672	0.834320	19.52182	1.589584	1.716326	0.996902	75.34105
9	0.018706	0.831359	19.48431	1.776169	1.729679	1.099645	75.07884
10	0.018725	0.829664	19.45501	1.922728	1.743003	1.124706	74.92489

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.2 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Biodiesel 2**

t	S.E.	L BIO2	CLSOJA	CLCOLZA	CLBRENT	LVIX	LEUAARA
1	0.012002	100.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.014864	79.91483	3.965848	15.27438	0.270963	0.562951	0.011023
3	0.017475	60.45064	10.20699	28.10923	0.607161	0.530607	0.095378
4	0.018066	57.02394	11.59686	29.98112	0.568293	0.497379	0.332417
5	0.018170	57.02079	11.46417	29.86560	0.709040	0.524320	0.416089
6	0.018208	56.78537	11.45124	30.08493	0.706397	0.528756	0.443312
7	0.018321	56.59412	11.31874	30.13451	0.826503	0.599944	0.526180
8	0.018356	56.41746	11.27619	30.03766	0.880662	0.695945	0.692092
9	0.018382	56.29152	11.31657	29.98059	0.878989	0.702252	0.830084
10	0.018400	56.17829	11.37791	29.92148	0.884311	0.702916	0.935095

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.2.1 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Óleo de Soja**

t	S.E.	L BIO2	CLSOJA	CLCOLZA	CLBRENT	LVIX	LEUAARA
1	0.166849	3.240289	96.75971	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.217603	2.541647	96.29204	0.146653	0.091979	0.470578	0.457107
3	0.223244	2.460275	93.88226	0.185489	0.087730	2.437316	0.946929
4	0.226782	2.696454	91.03599	0.537748	0.478789	3.508731	1.742289
5	0.231273	2.702800	88.52928	0.709882	0.895808	3.444029	3.718197
6	0.236556	2.588023	85.83884	0.981849	1.053784	3.311351	6.226151
7	0.241256	2.491426	82.92518	1.756700	1.268228	3.438159	8.120309
8	0.245658	2.414009	80.17240	2.552550	1.628706	3.684436	9.547898
9	0.249511	2.341354	78.01577	2.957741	1.923780	3.746822	11.01453
10	0.253362	2.271760	76.06218	3.227596	2.117842	3.745536	12.57508

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.2.2 - Decomposição da Variância do Logaritmo da Colza**

t	S.E.	L BIO2	CLSOJA	CLCOLZA	CLBRENT	LVIX	LEUAARA
1	0.232631	1.688440	17.58066	80.73090	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.297214	1.471639	20.01776	78.20831	0.002736	0.008262	0.291294
3	0.299687	1.472306	20.38943	77.12148	0.135457	0.216563	0.664760
4	0.301187	2.051365	20.28231	76.39155	0.186011	0.309981	0.778780
5	0.304034	2.324988	19.98918	75.93008	0.316449	0.518696	0.920603
6	0.305933	2.297991	19.75405	75.33155	0.503760	0.873138	1.239513
7	0.306590	2.288418	19.69698	75.08730	0.513214	0.896070	1.518021
8	0.307125	2.296455	19.73881	74.85414	0.514741	0.892976	1.702873
9	0.307973	2.285634	19.77895	74.51431	0.575884	0.923607	1.921621
10	0.308907	2.278014	19.73819	74.13730	0.662875	0.987036	2.196584

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.2.3 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Brent**

t	S.E.	L BIO2	CLSOJA	CLCOLZA	CLBRENT	LVIX	LEUAARA
1	0.316605	1.215800	6.465201	8.164195	84.15480	0.000000	0.000000
2	0.414831	0.835337	4.971962	7.752549	85.80409	0.070002	0.566064
3	0.420777	0.966518	4.832479	7.535019	84.88057	0.152386	1.633028
4	0.423050	1.022138	5.038601	7.541430	84.16323	0.166685	2.067916
5	0.429221	1.017794	5.404458	8.760257	82.12853	0.339999	2.348965
6	0.436259	0.995480	5.573225	9.265373	80.72775	0.434574	3.003599
7	0.439738	0.996331	5.615545	9.182647	79.82141	0.469321	3.914745
8	0.442458	0.991920	5.696994	9.147117	78.91237	0.538355	4.713241
9	0.446199	0.979280	5.880231	9.285087	77.73536	0.654034	5.466011
10	0.450256	0.964681	6.036013	9.391805	76.57336	0.747731	6.286404

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.2.4 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Índice de Volatilidade do S&P500**

t	S.E.	L BIO2	CLSOJA	CLCOLZA	CLBRENT	LVIX	LEUAARA
1	0.092603	0.004081	0.130159	0.378071	10.01610	89.47159	0.000000
2	0.114787	0.006261	0.155491	0.328890	8.796591	90.52055	0.192222
3	0.115521	0.060055	0.217771	0.447449	8.727409	89.44601	1.101301
4	0.117588	0.153347	0.574431	1.059515	8.460784	87.10711	2.644810
5	0.120216	0.729793	1.024026	2.124070	8.300329	83.66202	4.159763
6	0.122634	0.739675	1.074490	2.948207	8.359816	81.53494	5.342868
7	0.124143	0.836189	1.061921	3.420704	8.405740	79.84020	6.435242
8	0.125416	0.831012	1.202272	3.730106	8.351304	78.25661	7.628698
9	0.126999	0.846857	1.600027	3.993958	8.292958	76.38976	8.876438
10	0.128651	0.829542	1.886167	4.250564	8.348294	74.62563	10.05980

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.2.5 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Frete entre EUA e Europa**

t	S.E.	L BIO2	CLSOJA	CLCOLZA	CLBRENT	LVIX	LEUAARA
1	0.064393	0.112534	0.017484	0.019089	0.240648	0.288799	99.32145
2	0.103703	0.045127	0.035233	0.013565	1.472254	0.833167	97.60065
3	0.119012	0.035271	0.209111	0.305693	3.907365	1.394819	94.14774
4	0.126686	0.062719	1.153808	1.584744	5.799563	1.813633	89.58553
5	0.133571	0.070689	2.823580	2.532618	6.302840	2.138633	86.13164
6	0.140971	0.064054	4.115474	2.921104	6.315934	2.460132	84.12330
7	0.148421	0.059794	4.800390	3.371871	6.555815	2.793002	82.41913
8	0.155480	0.054537	5.275179	4.034971	7.038492	3.075122	80.52170
9	0.161955	0.050318	5.768052	4.639766	7.399833	3.279422	78.86261
10	0.167996	0.047313	6.258709	5.114802	7.576868	3.442532	77.55978

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.3 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Biodiesel 3**

t	S.E.	L BIO3	CLCOLZA	CLBRENT	CLSOJA	LVIX	LEUAARA
1	0.012827	100.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.015554	89.37874	2.494915	1.607683	5.805914	0.708683	0.004068
3	0.017139	74.29637	11.04888	3.484504	10.45361	0.606478	0.110154
4	0.017683	69.97955	14.71582	3.314953	11.24880	0.633958	0.106915
5	0.017933	68.53133	14.50554	3.603154	11.51889	1.556650	0.284433
6	0.018052	67.63809	14.32658	3.618479	11.88370	1.938673	0.594478
7	0.018125	67.32078	14.43790	3.608389	11.87730	1.939338	0.816299
8	0.018174	67.02505	14.56771	3.597413	11.84004	1.944511	1.025278
9	0.018221	66.68154	14.51361	3.723028	11.82865	1.986911	1.266260
10	0.018256	66.42235	14.45739	3.809008	11.78921	2.025706	1.496335

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.3.1 - Decomposição da Variância do Logaritmo da Colza**

t	S.E.	L BIO3	CLCOLZA	CLBRENT	CLSOJA	LVIX	LEUAARA
1	0.230839	1.638154	98.36185	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.294212	1.108630	98.34147	0.003904	0.455350	0.000304	0.090344
3	0.296970	1.113254	96.93468	0.199159	1.254215	0.373339	0.125354
4	0.298928	1.616337	95.87968	0.365076	1.260872	0.725799	0.152234
5	0.301224	2.410577	94.90805	0.389972	1.355644	0.746633	0.189124
6	0.302140	2.568001	94.51372	0.453643	1.357334	0.916613	0.190687
7	0.302530	2.565296	94.49451	0.461823	1.371754	0.914604	0.192008
8	0.302958	2.571531	94.45597	0.482951	1.367971	0.924982	0.196597
9	0.303053	2.583436	94.40222	0.487975	1.394784	0.935003	0.196580
10	0.303136	2.582257	94.35058	0.504751	1.402857	0.960414	0.199138

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.3.2 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Brent**

t	S.E.	L BIO3	CLCOLZA	CLBRENT	CLSOJA	LVIX	LEUAARA
1	0.315814	1.396755	12.95668	85.64656	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.412425	0.930921	11.23342	87.07374	0.147497	0.122862	0.491559
3	0.418618	1.216494	10.92876	85.96728	0.145186	0.301037	1.441246
4	0.420902	1.463665	10.81813	85.29820	0.291427	0.297795	1.830782
5	0.425473	1.444899	10.99975	83.69079	1.389362	0.396733	2.078471
6	0.431183	1.414710	10.82513	82.49149	2.158863	0.458168	2.651636
7	0.434352	1.470452	10.70731	81.60468	2.278171	0.473915	3.465470
8	0.436698	1.546635	10.61413	80.77550	2.378049	0.505870	4.179818
9	0.439496	1.560173	10.48448	79.83280	2.696029	0.570021	4.856504
10	0.442658	1.552266	10.33624	78.84755	3.030079	0.625242	5.608628

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.3.3 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Óleo de Soja**

t	S.E.	L BIO3	CLCOLZA	CLBRENT	CLSOJA	LVIX	LEUAARA
1	0.167321	2.019460	18.60553	1.181508	78.19351	0.000000	0.000000
2	0.218363	1.936625	20.49642	1.578226	75.01379	0.447360	0.527582
3	0.224078	1.913414	19.77616	1.507663	73.26378	2.330191	1.208785
4	0.227539	1.862812	19.30543	1.852951	71.27335	3.355237	2.350222
5	0.232521	1.797078	18.54234	2.080904	69.39877	3.271574	4.909334
6	0.238510	1.712000	17.75862	2.085231	67.32572	3.119981	7.998446
7	0.243246	1.685767	17.08940	2.211104	65.50037	3.204186	10.30917
8	0.247542	1.677529	16.60557	2.511354	63.78429	3.385273	12.03599
9	0.251529	1.678254	16.09462	2.724828	62.33114	3.390226	13.78093
10	0.255600	1.690660	15.58735	2.827905	60.95056	3.341202	15.60233

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.3.4 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Índice de Volatilidade do S&P500**

t	S.E.	L BIO3	CLCOLZA	CLBRENT	CLSOJA	LVIX	LEUAARA
1	0.092525	0.763086	0.265411	10.10939	0.014135	88.84798	0.000000
2	0.114339	0.766092	0.204500	8.962641	0.013211	89.91171	0.141849
3	0.115021	0.890624	0.218148	8.916837	0.096889	88.88142	0.996084
4	0.116950	0.953292	0.361708	8.627882	0.717426	86.83686	2.502829
5	0.118966	1.335411	0.633786	8.407778	1.545831	84.20243	3.874764
6	0.120725	1.297419	0.822379	8.429933	1.763482	82.78996	4.896828
7	0.121841	1.539767	0.897074	8.481593	1.782569	81.45376	5.845236
8	0.122758	1.628081	0.911600	8.410887	1.940554	80.24169	6.867182
9	0.123820	1.602019	0.903744	8.315440	2.385136	78.87964	7.914023
10	0.124948	1.586612	0.890431	8.307054	2.755341	77.56397	8.896597

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.3.5 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Frete entre EUA e Europa**

t	S.E.	L BIO3	CLCOLZA	CLBRENT	CLSOJA	LVIX	LEUAARA
1	0.064808	0.328505	0.010994	0.248662	0.037152	0.195204	99.17948
2	0.105296	0.432676	0.129114	1.541205	0.038500	0.591548	97.26696
3	0.121729	0.760118	0.096930	3.872982	0.507892	0.957087	93.80499
4	0.130330	1.265024	0.161072	5.443086	2.413439	1.190042	89.52734
5	0.138292	1.549569	0.143076	5.694117	4.715450	1.372739	86.52505
6	0.147062	1.599264	0.183456	5.573363	6.159976	1.593906	84.89004
7	0.155811	1.633847	0.183074	5.745048	7.077027	1.866746	83.49426
8	0.163944	1.709476	0.165360	6.169658	7.923069	2.107727	81.92471
9	0.171371	1.765276	0.151505	6.452644	8.761385	2.261985	80.60721
10	0.178348	1.786661	0.143105	6.552024	9.518537	2.368012	79.63166

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.4 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Biodiesel 4**

t	S.E.	L BIO4	LPALMA	CLSOJA	CLCOLZA	CLBRENT	LVIX
1	0.013380	100.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.016641	80.15818	1.501839	0.957887	16.53281	0.359471	0.489811
3	0.019605	60.40936	2.212322	3.729397	32.31322	0.838596	0.497112
4	0.020316	56.82933	2.065761	4.568223	35.20534	0.850585	0.480760
5	0.020440	56.81538	2.183116	4.526377	35.06958	0.887378	0.518163
6	0.020474	56.62708	2.176035	4.565666	35.22496	0.888781	0.517478
7	0.020594	56.50632	2.168686	4.542110	35.25776	0.948457	0.576665
8	0.020631	56.34022	2.368689	4.535389	35.15444	0.977047	0.624211
9	0.020666	56.21996	2.514703	4.565617	35.09587	0.979064	0.624791
10	0.020678	56.15480	2.572433	4.606807	35.05827	0.980829	0.626861

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.4.1 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Óleo de Palma**

t	S.E.	L BIO4	LPALMA	CLSOJA	CLCOLZA	CLBRENT	LVIX
1	0.015153	0.393640	99.60636	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.018912	0.391785	94.84702	1.168928	0.651908	2.704140	0.236222
3	0.019590	0.447812	90.99840	1.368663	2.420494	3.905074	0.859562
4	0.020523	0.716644	89.36248	1.635656	3.521979	3.973108	0.790127
5	0.021713	1.950221	84.94188	1.818016	5.460284	3.997596	1.831997
6	0.022470	2.058045	80.66363	1.751664	8.454450	3.800844	3.271364
7	0.023062	2.016659	78.24766	1.793273	10.57851	3.609631	3.754272
8	0.023764	2.286919	75.80198	1.952482	12.50201	3.488430	3.968178
9	0.024504	2.553836	72.99883	1.962310	14.89246	3.537603	4.054954
10	0.025172	2.629079	71.01012	1.910476	16.88373	3.638867	3.927721

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.4.2 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Óleo de Soja**

t	S.E.	LBIO4	LPALMA	CLSOJA	CLCOLZA	CLBRENT	LVIX
1	0.160838	2.558904	21.62429	75.81680	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.212866	2.111886	24.50001	71.77620	0.985627	0.515398	0.110877
3	0.217543	2.064144	25.87495	68.80904	1.482897	0.732301	1.036667
4	0.221520	2.006052	27.50654	67.01393	1.592125	0.706254	1.175099
5	0.224794	2.121401	28.44541	65.18968	2.206369	0.693267	1.343869
6	0.226705	2.089905	28.22082	64.71597	2.660095	0.758928	1.554284
7	0.228459	2.058641	28.01816	64.60040	2.770967	0.847111	1.704722
8	0.230211	2.098952	27.99966	63.76351	3.221458	0.836082	2.080338
9	0.232113	2.136176	27.85703	62.72384	4.068786	0.910580	2.303585
10	0.233372	2.148497	27.88781	62.05377	4.631639	0.982403	2.295884

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.4.3 - Decomposição da Variância do Logaritmo da Colza**

t	S.E.	LBIO4	LPALMA	CLSOJA	CLCOLZA	CLBRENT	LVIX
1	0.238457	2.519160	7.200620	11.13054	79.14968	0.000000	0.000000
2	0.324629	2.398223	7.361849	12.96360	77.04198	0.186999	0.047348
3	0.331834	2.400874	8.889185	12.52635	75.90451	0.208210	0.070869
4	0.340346	2.313073	11.28204	12.54028	73.52141	0.268970	0.074225
5	0.358374	2.439169	13.74261	12.04350	70.47436	0.707598	0.592759
6	0.370982	2.857478	15.71045	12.03866	67.52346	1.032745	0.837204
7	0.378565	2.925328	17.23388	12.02458	65.82409	1.164197	0.827921
8	0.388261	2.895567	18.19979	11.55236	65.02442	1.398117	0.929745
9	0.400214	3.115555	18.91485	10.93059	64.08550	1.742382	1.211125
10	0.410239	3.358594	19.82333	10.43727	63.09263	1.971337	1.316842

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

**Tabela D.4.4 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Brent**

t	S.E.	LBIO4	LPALMA	CLSOJA	CLCOLZA	CLBRENT	LVIX
1	0.316464	3.236920	6.054939	3.677229	7.877969	79.15294	0.000000
2	0.429867	2.817105	4.778073	3.246631	8.983536	80.04357	0.131089
3	0.434230	2.858172	4.957612	3.204412	9.064430	79.69599	0.219380
4	0.436996	3.119697	5.100810	3.195163	9.645216	78.71892	0.220193
5	0.448249	4.018026	5.707244	3.200510	11.55292	75.07255	0.448748
6	0.459853	4.552987	7.599907	3.200475	12.09670	71.40013	1.149800
7	0.467387	4.466253	9.212511	3.101423	12.69269	69.11700	1.410125
8	0.475722	4.318580	10.07677	2.994449	14.41368	66.80473	1.391791
9	0.485407	4.356420	11.02567	2.955103	15.85159	64.43974	1.371477
10	0.493976	4.510267	12.08460	2.930630	16.62742	62.45819	1.388891

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

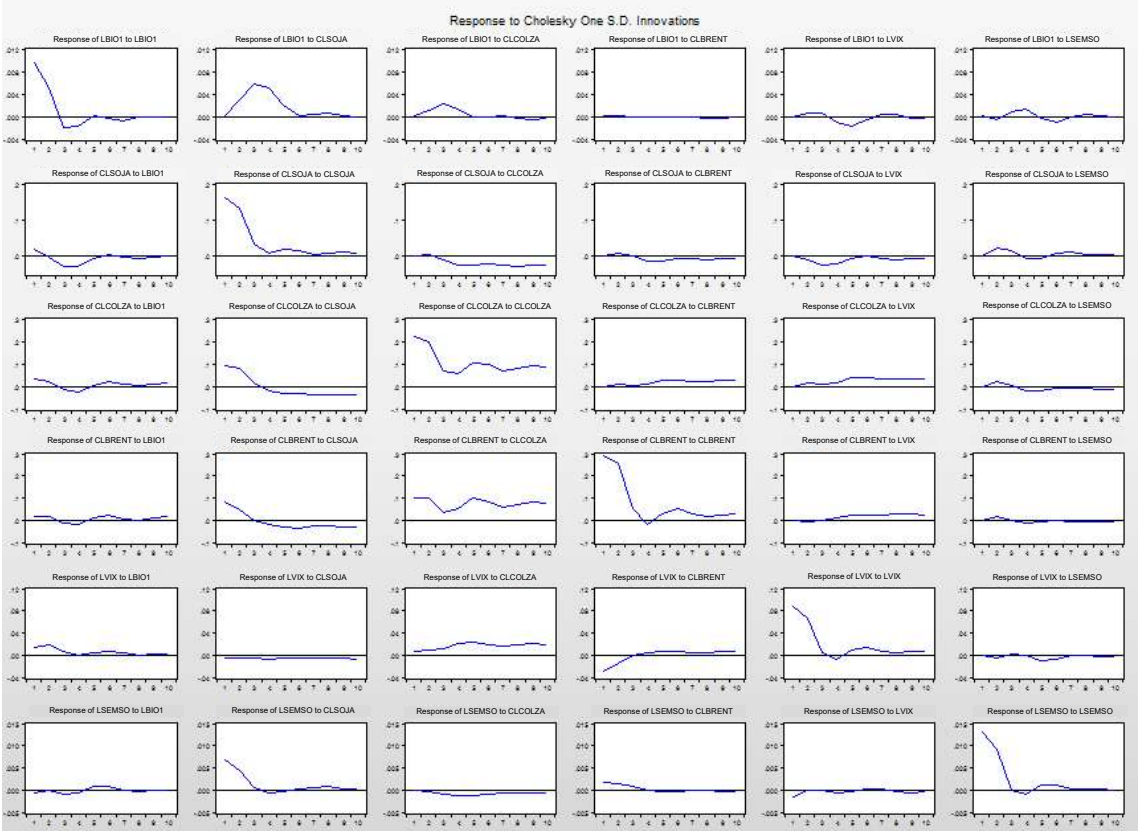
**Tabela D.4.5 - Decomposição da Variância do Logaritmo do Índice de Volatilidade do S&P500**

t	S.E.	LBIO4	LPALMA	CLSOJA	CLCOLZA	CLBRENT	LVIX
1	0.089932	0.026307	1.198348	0.039010	0.315582	8.746672	89.67408
2	0.114147	0.018267	1.235073	0.117594	0.320124	7.853962	90.45498
3	0.114363	0.048485	1.299464	0.149556	0.441897	7.896850	90.16375
4	0.115522	0.047881	1.389418	0.680059	0.915470	7.773244	89.19393
5	0.116492	0.354702	1.366624	0.969928	1.844320	7.711509	87.75292
6	0.118271	0.630724	1.418753	0.945487	2.584906	7.953218	86.46691
7	0.119426	0.624720	1.702178	0.937872	2.990255	7.990279	85.75470
8	0.119712	0.622741	1.792189	0.937165	3.268160	7.992682	85.38706
9	0.120047	0.659957	1.890048	0.933063	3.422973	8.010272	85.08369
10	0.120337	0.674827	2.191675	0.928583	3.489435	8.015095	84.70039

Fonte: Software Econométrico Eviews 7

Anexo E

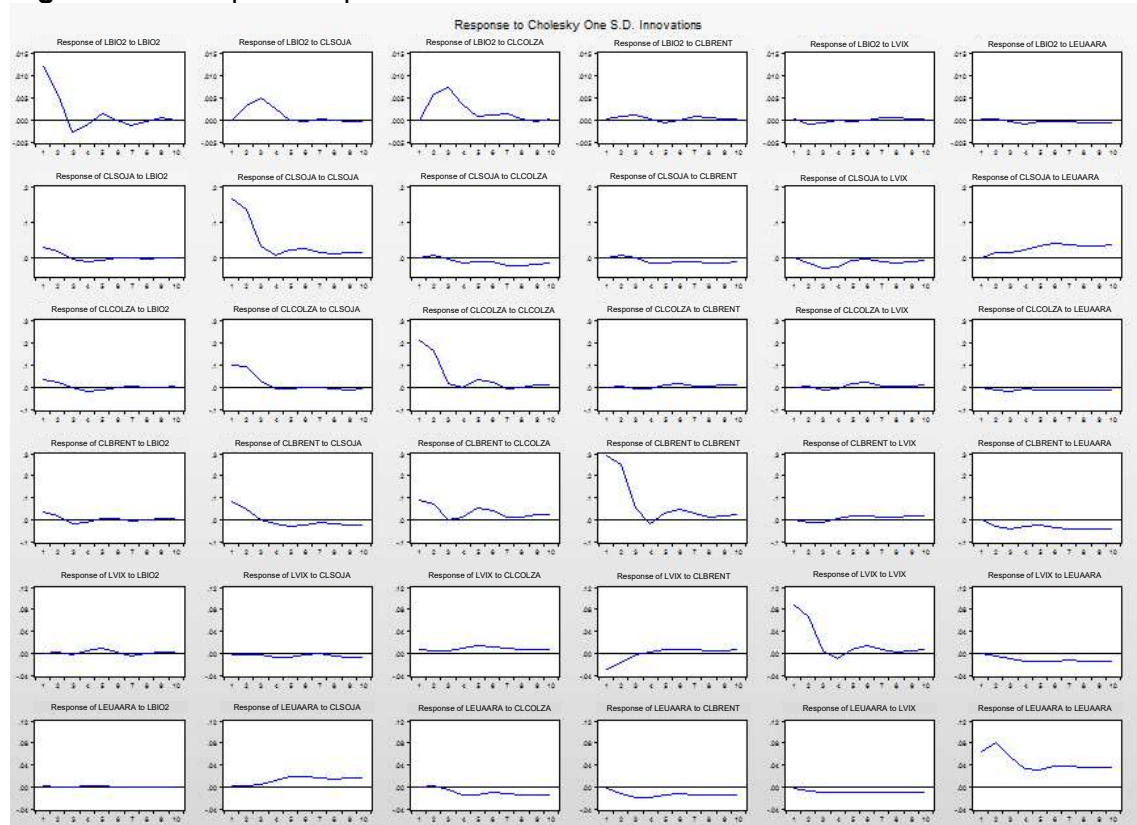
Figura E.1 - Resposta Impulso do Biodiesel 1



Fonte: Software Econométrico Eviews 7



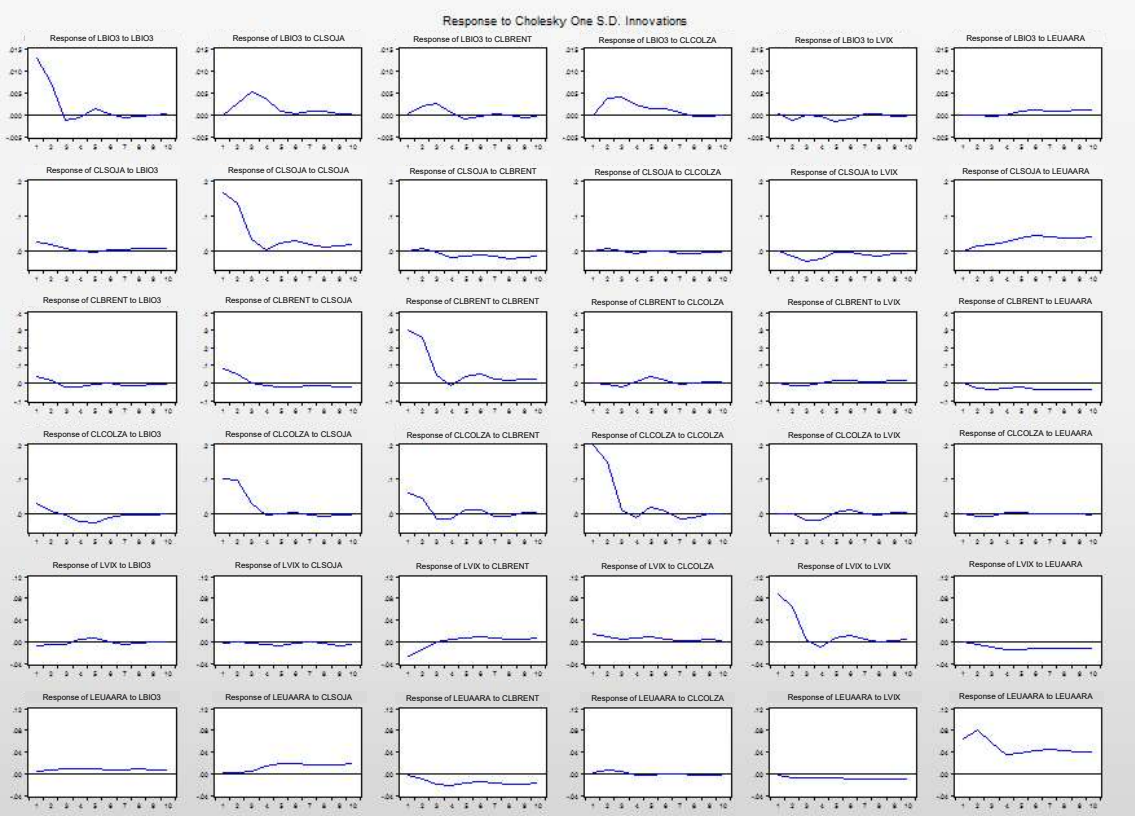
**Figura E.2 - Resposta Impulso do Biodiesel 2**



Fonte: Software Econométrico Eviews 7

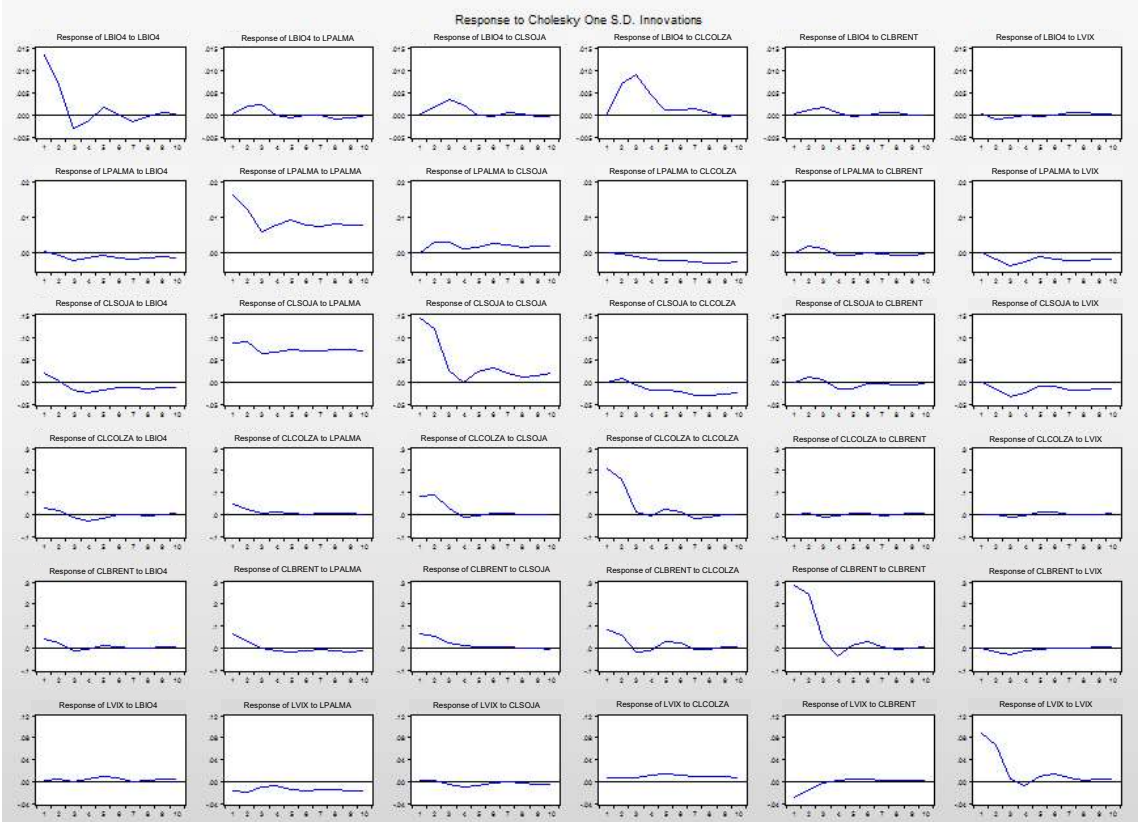


Figura E.3 - Resposta Impulso do Biodiesel 3



Fonte: Software Econométrico Eviews 7

Figura E.4 - Resposta Impulso do Biodiesel 4



Fonte: Software Econométrico Eviews 7